

SECCIÓN **2** *Los indicadores de la efectividad de la gestión de AMPs*



CLAUDIO VELASQUEZ/NATUREPL.COM

Los manglares, como el que se muestra arriba, en Antsiranana, Madagascar, son áreas vitales para la reproducción de peces y ayudan a prevenir la erosión costera. Sin embargo, muchos bosques de manglares están inadecuadamente protegidos, lo cual conduce a un limitado éxito de las AMPs.

Los indicadores de la efectividad de la gestión de las AMPs

Introducción

En esta sección se presentan 42 indicadores: 10 biofísicos, 16 socioeconómicos y 16 de gobernabilidad. Para hacer estos indicadores aplicables a una gama de metas y objetivos de AMP, se desarrollaron los indicadores en un riguroso proceso de dos años que comprendió la investigación, la revisión y pruebas en el terreno por parte de expertos y, finalmente la corrección.

A fin de hacerlos útiles y prácticos, los indicadores se desarrollaron hasta cumplir varios criterios. Estos criterios pueden usarse para seleccionar los indicadores más apropiados para el sitio de su AMP, considerando especialmente que una meta u objetivo dados pueden tener uno o muchos indicadores. Siguiendo las prácticas óptimas, un buen indicador cumple con cinco criterios (ver Margolius y Salafsky, 1998):

Medible: Puede registrarse y analizarse en términos cuantitativos o cualitativos.

- Preciso:** Es definido del mismo modo por todos.
- Consistente:** No cambia en el tiempo, de modo que la medida siempre es la misma.
- Sensible:** Cambia proporcionalmente de acuerdo a los cambios efectivos del atributo o el rubro medido.
- Simple:** Generalmente se prefiere los indicadores simples a los complejos.

Las escalas de dificultad

Cada indicador tiene un índice de dificultad. Esto le ayudará a entender la relativa facilidad con que se puede medir un indicador dado usando los métodos más elementales que se recomiendan (en algunos casos, los métodos más complejos reflejarían uno o dos puntos más en la escala de dificultad). Esta escala toma en cuenta el tiempo, las habilidades técnicas, las finanzas y otros recursos necesarios para medir el indicador.

- 1 – el indicador es fácil de medir
- 2 – el indicador es bastante fácil de medir
- 3 – la medición del indicador requiere un esfuerzo moderado
- 4 – el indicador es algo difícil de medir
- 5 – el indicador es difícil de medir



Para aprender más acerca de la forma en que se desarrollaron los indicadores (incluyendo el proceso y el cronograma) vaya a <http://effectiveMPA.2.gov/guidebook/background.html>

Recuadro 10

USO DE LOS INDICADORES

Encabezado

- Nombre
- Meta y objetivo
- Índice de dificultad
- ¿Qué es “(nombre del indicador)”?
- ¿Por qué medirlo?
- Requisitos
- Cómo recoger los datos
- Cómo analizar e interpretar los resultados
- Productos
- Fortalezas y limitaciones
- Ejemplo tomado del terreno
- Bibliografía útil y enlaces de Internet

Significado

- Número y nombre del indicador.
- A qué metas y objetivos corresponde este indicador (relativas a la lista genérica de metas y objetivos más amplia desarrollada por el proyecto).
- Un rango de cuán difícil de medir es el indicador (ver párrafos anteriores).
- Breve descripción del indicador.
- El propósito y la lógica del indicador.
- Recursos (gente, equipamiento) necesarios para recoger y analizar la información.
- El método y el enfoque usados para recoger información sobre el indicador
- Los métodos y procedimientos usados para analizar los datos y sugerencias acerca de cómo presentar los resultados
- ¿Cuáles son los resultados y cómo pueden ser usados por el AMP?
- ¿Cuán útil es el indicador en general y qué problemas podrían ocurrir al usarlo?
- Un ejemplo del uso del indicador.
- Fuentes sugeridas de información sobre los métodos y explicaciones adicionales sobre el indicador.

Maximizar tiempo y recursos

Dependiendo de qué indicadores haya usted seleccionado, algunos pueden ser recogidos concurrentemente. Esto requiere que a) se recoja exactamente

los mismos datos para dos o más indicadores; o b) se use métodos iguales o similares para recoger datos diferentes para uno o más indicadores. El siguiente recuadro muestra grupos de indicadores (clusters) que podrían medirse o recogerse juntos.

Recuadro 11

GRUPOS DE INDICADORES

Biofísicos

- B1, B2 – los mismos datos recolectados en los conteos y longitudes de las especies clave.
- B1, B4 – los mismos métodos usados para medir abundancia relativa.
- B1, B4, B7 – datos similares recolectados en los desembarcos de pesca y especies objetivo.
- B2, B5 – métodos similares usados para medir los reclutas.
- B1, B2, B3, B4, B5 – similar enfoque y métodos de estudio usados.
- B1, B3 - datos similares recolectados en la utilización de hábitat.
- B4, B6 – ambos miden la composición de la comunidad.
- B10, B1–B8, S3, S1, S5, S10, G1, G4, G14 – todos miden los impactos del ser humano.
- B10, B7 – ambos miden los efectos de la migración de

especies del AMP a áreas afectadas por actividades humanas.

- B7, B4, B6 – todos miden los niveles tróficos.
- B9, B 10 – métodos similares para tomar medidas aéreas.

Socioeconómicos

- S2, S3, S6, S9, S10, S13, S14 – los datos pueden recolectarse por medio de encuestas en los hogares.
- S8, S11 – los datos pueden recolectarse por medio de una encuesta dirigida a informantes clave.

Gobernabilidad

- G2, G3, G6, G7, G9, G14, G15, G16 – los datos se recogen mediante entrevistas con administradores y/o personal del AMP.

Sírvanse tomar en cuenta que aunque todos los demás indicadores de gobernabilidad requieren de entrevistas con usuarios, existen diferentes conjuntos de usuarios para cada indicador.



NOAA PHOTO LIBRARY

Los indicadores biofísicos

Introducción

Al margen de sus muchos beneficios y objetivos sociales, las AMPs son en última instancia una herramienta para conservar las condiciones biofísicas de nuestros océanos y costas. En tal forma, usar indicadores para medir estas condiciones es por lo general un interés primordial de los administradores cuyo trabajo es evaluar la efectividad de un AMP.

En la mayoría de los casos, el vínculo entre el estado biológico del medio ambiente marino y las actividades de subsistencia, los ingresos y la seguridad alimentaria de la gente que usa el recurso y depende de él es explícito e íntimo. De ahí se desprende que más allá de caracterizar los sistemas naturales, la medición de los indicadores biofísicos también pueda ser útil al contemplarse en el contexto de las condiciones socioeconómicas y de gobernabilidad que operan en el AMP y su entorno. Por ejemplo, los bienes biológicos (como el pescado) y los servicios ecológicos (como el ciclaje de nutrientes) generados a partir de AMPs gestionadas con efectividad pueden formularse en términos financieros, donde el AMP es una 'cuenta bancaria' que preserva el 'capital' natural del que la sociedad depende para el futuro. Si ese capital natural es dejado por su cuenta y se le permite crecer en el tiempo, los 'ingresos' generados a partir de este 'principal' pueden proporcionar bienes y servicios ecológicos que sean de uso inmediato para la gente, a la vez que les ofrecen una seguridad futura. Sin las AMPs, la sociedad 'gastaría' una parte demasiado significativa de este capital natural, drenando el 'principal' a través del tiempo. En este aspecto, seis de los indicadores biofísicos (B1, B2, B3, B4, B6 y B8) pueden usarse para medir cuánto del 'principal' se ha reservado y está disponible, mientras que los otros cuatro (B5, B7, B9 y B10) examinan el grado de 'ingresos' que puede verse influenciado como resultado del AMP.

Los 10 indicadores biofísicos incluidos en este manual caen en uno de los tres grupos: biótico, abiótico y aéreo. Los primeros seis indicadores (B1 – B6) se usan para evaluar el contexto biótico dentro del AMP y en su entorno. El B1 y el B2 se usan para examinar el estado de las poblaciones de especies. La medición de estos dos indicadores es moderadamente difícil, dependiendo de cuán amplia sea el área que se va a muestrear y cuán fácil sea observar o capturar los organismos que se va a estudiar. Del B3 al B6 se usan para caracterizar las condiciones ecológicas y, aunque son importantes, están entre los más complejos de medir entre todos los indicadores. En particular, el B5 y el B6 requieren un nivel de capacidad, tiempo y esfuerzo de trabajo que podría estar más allá del alcance de muchas AMPs en el mundo. Ha habido mucho debate y discusiones respecto de si eliminar el B6 a causa de su complejidad y su cuestionable capacidad de compro-

bar una gestión eficaz en muchas AMPs de gran tamaño y usos múltiples. Al final, se logró el consenso de conservar el B6 porque administradores y expertos opinaban que entender y encarar del mejor modo las relaciones tróficas era decisivo para el diseño y uso satisfactorios por parte de las AMPs.

Observe que los indicadores bióticos (especialmente B1, B2 y B3) dependen en gran medida de la comparación de los datos recolectados dentro y fuera del AMP. Por lo tanto, debe asegurarse un enfoque de muestreo adecuado en ambas áreas.

El B7 es un indicador cuasi-biótico que mide el nivel de algunos de los bienes biológicos generados por el medio ambiente marino (tanto dentro como fuera del AMP). El B7 mide las tendencias de los métodos de explotación de las pesqueras, su rendimiento y su esfuerzo, como reflejo de cuán productivas y saludables son las existencias aprovechadas.

El B8 es el único indicador presentado en este manual que se usa para evaluar las condiciones abióticas del medio ambiente marino.

Por último, el B9 y el B10 son medidas de cambio biofísico observado, definidas espacialmente. La inclusión de estos dos indicadores 'aéreos' dentro de la categoría biofísica fue extensamente discutida durante todo su desarrollo y pruebas. Pese a ser los más estrechamente vinculados a temas de gobernabilidad de AMPs y de requerir la recolección de datos similares, puesto que el propósito directo del B9 y el B10 es caracterizar la condición biológica del AMP, no se los trasladó a la categoría de indicadores de la gobernabilidad.

No todos los indicadores serán apropiados para usarse en todas las AMPs. Para su medición, algunos indicadores requieren un mayor nivel de habilidad, trabajo, financiamiento, y tiempo que otros. En los casos en que ello es posible, se han proporcionado métodos básicos de bajo costo incluso para los indicadores que constituyen el máximo desafío, aunque dichas medidas pueden ser descriptivas, sumamente subjetivas, y por lo tanto menos precisas y confiables.

Todos los indicadores biofísicos excepto dos de ellos (B6 y B9) fueron probados exitosamente por sitios de AMP voluntarios. Aunque recolectar la información para muchos de los otros ocho conjuntos de medidas era un desafío, se informó, sin embargo, que sus resultados fueron útiles a los equipos evaluadores que los probaron para medir e informar cuán exitosos fueron en adelantar y lograr los objetivos biofísicos enunciados de sus AMPs.



© WWF-CANON/EDWARD PARKER

▲ Tal como en otros 11 sitios piloto de AMPs, en el 2002 y 2003 se probaron varios de los indicadores biofísicos en el Parque Marino Isla Mafia de Tanzania. Aquí, un funcionario de WWF prueba una nueva malla de red en la Isla Mafia.

Observe que en algunos casos, la medición de las condiciones biofísicas en un AMP y su entorno puede no necesariamente demostrar la efectividad de la gestión porque podrían estar fuera de la influencia incluso de un AMP idealmente gestionada y más allá del control de sus administradores. En tales casos, estos indicadores pueden usarse para ilustrar este punto, permitiendo a los administradores comunicarles abiertamente a los responsables de la toma de decisiones, el público y los donantes, que influenciar algunas de las condiciones ambientales, podría escapar a las capacidades del AMP y el equipo de gestión.

Tratar de resumir adecuada pero sucintamente las numerosas metodologías de monitoreo y evaluación disponibles para que el equipo evaluador use en la medición de atributos biofísicos no fue tarea fácil para los colaboradores ni para los autores. Como la mayoría de estos métodos están exhaustivamente documentados en la literatura científica, los indicadores biofísicos no pueden y no pretenden revisarlos todos. Antes bien, las descripciones de indicadores acá presentadas se centran deliberadamente en resumir varios de los métodos elementales que en la práctica son ampliamente aceptados y activamente usados. Un enfoque similar ha consistido en introducir consideraciones analíticas sobre los datos recolectados. En la bibliografía se reconocen unas cuantas de las más avanzadas técnicas de recolección y análisis de datos, pero éstas no constituyen el enfoque del material resumido en este manual.

Asimismo, se reflexionó mucho en torno a la decisión de estandarizar o no los métodos y las citas bibliográficas para la medición de indicadores biofísicos, impidiendo con ello las opciones metodológicas por parte del lector. Al final, la mayoría de los revisores, sitios de prueba y colaboradores concordaron en que el permitir múltiples opciones de medición sería el enfoque más flexible e inclusivo, en vista de: a) la realidad de cuán específicas son las características biofísicas de la mayoría de las AMPs, y b) el hecho de que los equipos evaluadores tienen niveles variables de capacidad y acceso a los recursos. En consecuencia, este manual no propone usar un método de medición de indicadores antes que otros. La responsabilidad de escoger el método 'correcto' recae sobre el equipo evaluador, al que se estimula a ejercer su pericia, su criterio y su familiaridad con el sitio para decidir cuál sería el método más apropiado para el estudio y uso en su AMP en particular, dados los datos específicos de los organismos, las comunidades y el entorno que se está evaluando.

Observe que los métodos básicos ofrecidos para medir los indicadores son solo un punto de partida. Estos podrían no siempre brindar evidencias confiables o adecuadas de cómo funciona efectivamente su AMP. Antes bien, los métodos enumerados se ofrecen como un primer intento de evaluar algunas de las condiciones biofísicas fundamentales de un AMP y su entorno. En tal sentido, estos métodos no deben ser vistos como una lista cerrada o final de las maneras de medir dichas condiciones. En algunos casos, los métodos ofrecidos siguen atravesando pruebas y revisiones, siendo depurados continuamente.

¡Ni celebre ni se asuste demasiado pronto cuando lleguen los resultados! Solo a través de la observación cautelosa y consistente de muchos años puede un equipo empezar a ver con claridad los efectos ecológicos de un AMP en relación con la variabilidad del entorno natural.

Bibliografía útil

- Bell, J.D., Craik, G.J.S., Pollard, D.A. y Russell, B.C. (1985). "Estimating length frequency distribution of large reef fish underwater". *Coral Reefs* 4: 41-44.
- Clarke, K.R. y Warwick, R.M. (2001). *Change in marine communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. 2a edición. Primer-E, Plymouth, RU.
- Dartnall, H.J. y Jones, M. (1986). *A manual of survey methods of living resources in coastal areas*. ASEAN-Australia Cooperative Programme on Marine Science Hand Book. Australian

Institute of Marine Science, Townsville, Queensland, Australia.

Done, T.J. y Reichelt, R.E. (1998). "Integrated coastal zone and fisheries ecosystem management: generic goals and performance indices". *Ecological Applications* 8 (suplemento): 110-118.

Elliot, J.M. (1977). "Some methods for statistical analysis of benthic invertebrates". *Freshw. Biol. Assoc. Sci. Publ.*, RU. 25: 1-156.

English, S., Wilkinson, C. y Baker, V. (eds.) (1997). *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. 2a Edición. Australian Institute for Marine Science, Townsville, Queensland, Australia.

Grumbine, R.E. (1994). "What is Ecosystem Management?" *Conservation Biology* 8(1): 2738.

Hilborn, R. y Walters, C.J. (1992). *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, dynamics, and uncertainty*. Chapman and Hall, Nueva York, NY, EEUU.

Lackey, R.T. (1995). "Ecosystem Management: Implications for Fisheries Management." *Renewable Resources Journal* 13 (4): 11-13.

Ludwig, D., Hilborn, R. y Walters, C.J. (1993). "Uncertainty, resource exploitation, and conservation: lessons from history". *Science* 260: 17-18.

Odum, E.P. (1971). *Fundamentals of ecology*. W.B. Saunders Co., Filadelfia, PA, EEUU.

Sale, P.F. (2002). "The science we need to develop for more effective management". En Sale, P.F. (ed.), *Coral Reef Fishes: Dynamics and diversity in a complex ecosystem*. Academic Press, San Diego, EEUU. pp. 361-376.

Tupper, M. (2002). "Marine reserves and fisheries management". *Science* 295: 1233.



NOAA PHOTO LIBRARY



CHRIS GOMERSALL/NATUREPI.COM

Figura 2 Metas, objetivos, indicadores biofísicos

Tabla resumen

Metas (n=5) y objetivos (n=26) biofísicos comúnmente relacionados con su uso en AMPs

Cómo los indicadores biofísicos se relacionan con las metas y objetivos comunes

		Abundancia de especies clave Estructura poblacional de las especies clave Distribución y complejidad del hábitat Composición y estructura de la comunidad Éxito del reclutamiento dentro de la comunidad Integridad de la trama trófica Tipo, nivel y retorno del esfuerzo pesquero Calidad del agua Áreas que muestran señales de recuperación humano Área con reducido o nulo impacto									
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
META 1	Se ha logrado sustentar o proteger los recursos marinos	META 1									
1A	Las poblaciones de especies objetivo para el uso extractivo o no extractivo están restauradas a los puntos de referencia deseados o se mantienen en ellos	●	●				●	●			
1B	Se han prevenido pérdidas a la biodiversidad y el funcionamiento y estructura del ecosistema			●	●	●			●		
1C	Las poblaciones de especies objetivo para el uso extractivo o no extractivo están protegidas de la cosecha en sitios y/o etapas de su ciclo vital cuando son vulnerables	●	●		●		●	●		●	●
1D	Se ha reducido, prevenido o prohibido totalmente la sobreexplotación de recursos marinos vivos y/o no vivos	●	●		●		●	●			●
1E	Se han mejorado o se sostienen los rendimientos de captura en áreas pesqueras adyacentes al AMP	●				●		●		●	●
1F	Se ha incrementado o se sostiene la tasa de repoblación de las reservas de peces dentro del AMP	●	●					●		●	
META 2	La diversidad biológica está protegida	META 2									
2A	Los ecosistemas, comunidades, hábitats, especies y bancos genéticos residentes están adecuadamente representados y protegidos				●	●		●		●	●
2B	Se mantienen las funciones del ecosistema						●		●	●	
2C	Las especies raras, localizadas o endémicas están protegidas	●	●		●						
2D	Las áreas esenciales para las fases del ciclo de vida de las especies están protegidas		●	●				●	●		●
2E	Se han eliminado o reducido las amenazas no naturales y los impactos humanos dentro y/o fuera del AMP				●				●		●
2F	El riesgo de perturbaciones inmanejables está adecuadamente repartido en toda el AMP										
2G	Se han retirado o evitado que se establezcan especies y genotipos extraños e invasores	●			●						
META 3	Las especies individuales están protegidas	META 3									
3A	La abundancia de especies clave se ha incrementado o se mantiene	●	●	●			●	●		●	
3B	Las funciones del hábitat y el ecosistema requeridas para la supervivencia de las especies clave se han restablecido o se mantienen			●	●		●	●	●	●	
3C	Se han eliminado o reducido las amenazas naturales y los impactos humanos dentro y/o fuera del AMP							●	●		●
3D	Se han retirado o evitado que se establezcan especies y genotipos extraños e invasores	●	●		●						
META 4	El hábitat está protegido	META 4									
4A	La calidad y/o cantidad del hábitat está restablecida o se mantiene			●	●	●			●	●	
4B	Los procesos ecológicos esenciales para la existencia del hábitat están protegidos			●	●	●			●	●	
4C	Se han eliminado o reducido dentro y/o fuera del AMP las amenazas no naturales y los impactos humanos			●	●	●			●		●
4D	Se han retirado o evitado que se establezcan especies y genotipos extraños e invasores	●		●	●				●		
META 5	Las áreas degradadas están restauradas	META 5									
5A	Las poblaciones de especies nativas están restauradas a los puntos de referencia deseados	●					●	●		●	
5B	Se han restaurado las funciones del ecosistema	●	●		●				●	●	
5C	La calidad y/o cantidad del hábitat está restaurada o rehabilitada		●	●	●				●	●	
5D	Se han eliminado o reducido dentro y/o fuera del AMP las amenazas no naturales y los impactos humanos	●			●				●	●	●
5E	Se han retirado o evitado que se establezcan especies y genotipos extraños e invasores	●		●	●					●	



BRANDON COLE/NATUREPL.COM

Un delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) del Caribe da un salto en el mar. Los mamíferos marinos son símbolos útiles para representar a las AMPs ante el público en general.

¿Qué es 'abundancia de especies clave'?

La **abundancia** de la especie es el número de individuos de determinada especie que se encuentra ocurren dentro y fuera del AMP. La abundancia de la especie es un sustituto comúnmente usado para el tamaño poblacional y se piensa que refleja la situación de la población de una especie dentro de una locación específica; por ejemplo, si la población está creciendo o no a través del tiempo. La densidad de una especie se determina estudiando la abundancia dentro de un área (unitaria) definida. La abundancia de la especie es una de las medidas más usadas del éxito biológico de la efectividad de la gestión.

Una **especie clave** es un organismo de valor ecológico y/o humano cuya gestión mediante el AMP es de interés prioritario. Hay varios tipos distintos de especies clave que podrían identificarse potencialmente para un AMP dada [ver Recuadro B1]. En el caso de muchas AMPs, sus metas y objetivos se relacionan directamente con la necesidad de proteger a ciertas especies clave.



Focal species abundance can also be defined as how commonly a particular species is found relative to other species within the same community, i.e. B4.

¿Por qué medirla?

La protección, el mejoramiento y/o el mantenimiento de las poblaciones de especies clave son algunas de las razones más comunes para usar las AMPs. Se observa ampliamente que las cifras mejoradas y sostenidas de especies clave en AMPs a través del tiempo indican un uso eficaz de las AMPs. Como resultado, el monitoreo de los cambios en la abundancia poblacional de la especie clave es una de las actividades más comúnmente realizadas por los administradores de AMPs. Afortunadamente, los métodos básicos usados para comparar el número de individuos de una población observada dentro versus una población observada fuera del AMP son relativamente sencillos y se entienden con facilidad.

A medida que se protege y se posibilita el crecimiento de las poblaciones de especies clave residentes dentro del AMP, sus individuos pueden migrar hacia áreas adyacentes no protegidas. Ello incrementa la biomasa disponible para el uso humano. Como resultado, muchos administradores no solo son responsables de señalar cuántos individuos de especies clave pueden encontrarse en un AMP a lo largo del tiempo, sino también cómo es que hay mayor cantidad de especies clave en aguas que circundan el AMP.

Recuadro B1

TIPOS DE ESPECIES 'CLAVE'

(adaptado de Noss, 1990)

- Endémicas – especies cuya ocurrencia se encuentra naturalmente en las aguas cercanas al AMP.
- Exóticas - especies no nativas que son de interés debido a sus efectos negativos en la ecología local. Por ejemplo, algas introducidas que se esparcen agresivamente y asfixian el hábitat nativo.
- Bandera – especies carismáticas que son de importancia social o cultural y por lo tanto son usadas por los administradores como símbolo de los esfuerzos de un AMP por estimular el interés y el respaldo del público.
- Indicadoras – especies que indican cómo las perturbaciones podrían estar impactando a otros organismos de la comunidad. Por ejemplo, las nutrias de mar en los bosques de algas marinas (kelp).
- Piedras angulares – especies de las cuales dependen directamente otras especies de la comunidad. Por ejemplo, los depredadores de nivel superior que mantienen una trama trófica costera, o cierta especie de arrecifes de coral que brinda un espacio de vivienda (hábitat) a otras.
- Objetivos – especies de interés debido a su valor de uso extractivo o no extractivo. Por ejemplo, los moluscos que comúnmente se cosechan para las necesidades de la dieta local, o las ballenas jorobadas que atraen turistas al área. Como no todas las especies objetivos serán prioridades de la gestión, por lo tanto no todas serán especies clave.
- Vulnerables – especies que se conocen como menos resistentes a cambios ambientales que otras de la comunidad y/o que requieren una gestión más cuidadosa para mantenerlas. Por ejemplo, los organismos de lento crecimiento o los que tienen pocas crías, o las especies amenazadas, en peligro de extinción o raras (como las de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN).



NOAA PHOTO LIBRARY

► Los tiburones como el tiburón blanco (*Carcharodon carcharias*) a menudo sirven como especies clave de AMPs. No solamente muchos de ellos sirven como especies 'piedra angular' siendo depredadores superiores, sino que también se usan como especies 'bandera' para elevar el interés del público en las necesidades y actividades de gestión de AMPs.

Se relaciona con las metas y objetivos

B1

META 1
1A 1C
1D 1E
1F

META 2
2C 2G

META 3
3A 3D

META 4
4D

META 5
5A 5B
5D 5E



Asimismo, mantener poblaciones saludables de especies carismáticas como las ballenas o las tortugas podría ser de interés para usuarios recreativos, visitantes y público en general, y podría conducir a mayores ingresos provenientes del turismo y mayor financiamiento público para la existencia continua del AMP. Por último, el mostrar claramente a los responsables de la toma de decisiones cómo un AMP mantiene o incrementa el número de especies clave puede ayudar a asegurar el respaldo financiero y político que se requiere para sustentar y/o ampliar los esfuerzos de gestión en el futuro.

El indicador también puede ser un útil medidor de la presencia / ausencia de especies invasoras y de la magnitud (abundancia) de su presencia.

Cómo recoger los datos

Antes de poder empezar la recolección de datos, el equipo evaluador necesitará una lista de qué especies clave dentro y alrededor del AMP necesitan observación durante el periodo de evaluación. Podría suceder que en algunos casos, ni los evaluadores ni el equipo administrador del AMP tengan una comprensión exacta de cuáles son estas especies. Si es así, el equipo evaluador deberá identificar y hacer una lista escrita de un número discreto de especies

Requisitos

- Una lista de las especies clave (revisada y aprobada por los usuarios).
- Sitios de muestreo designados dentro y fuera del AMP.
- Un número adecuado de miembros profesionales y/o voluntarios capacitados tanto en métodos de estudio como en identificación taxonómica.
- Un bote (con equipo de seguridad) y un motor.
- Herramientas de exploración (por ejemplo, cinta de medir, compás, cable de remolque, pizarrín sumergible para escritura).
- Equipamiento de SCUBA o esnórquel.
- Un sistema de posicionamiento global (GPS) de uso manual.
- Cámara digital sumergible (para verificar las identificaciones de las especies).
- Anticipadamente (si corresponde): fotografía aérea, imágenes captadas por satélite y sistemas de información geográfica; pequeño aeroplano o helicóptero (para organismos grandes, de amplio espectro); equipo de marcaje y telemetría; y cámara de vídeo digital y carcasa submarina.

clave. El repasar los tipos relevantes de especies clave (ver anterior Recuadro B1) en el AMP puede ayudar en esta tarea. Esta lista deberá ser revisada y aprobada por los usuarios principales involucrados en la gestión del AMP antes del estudio.

Tome nota de que hay alguna discusión en curso dentro de la comunidad científica respecto de cuáles son las medidas de abundancia del nivel taxonómico que mejor se recolectan. Los conteos realizados en el nivel de las especies (en oposición al nivel de género o familia) se discuten aquí para los organismos de interés dentro del AMP.

Si bien algunas AMPs pueden tener solo unas cuantas especies clave por monitorear, otros sitios podrían tener docenas que considerar. El número de especies clave que pueden estudiarse realísticamente para determinar este indicador dependerá en gran medida de la capacidad y recursos que estén disponibles para el equipo evaluador.

Hay varias técnicas que pueden usarse para medir la abundancia poblacional de una especie clave dentro de un área dada. Éstas están exhaustivamente documentadas en la literatura, y por lo tanto no se repiten acá. Al final de esta sección se enumeran varias de las citas más comúnmente usadas en la práctica que pueden ser útiles para el equipo evaluador. Sin embargo, en general, para evaluar la abundancia poblacional de especies clave es posible usar tres enfoques comunes:

- a) Evaluar el número de individuos observados *in situ*;
- b) Evaluar la extensión de las poblaciones observadas en términos de área (por ejemplo, el kilometraje total de lechos de pastos marinos calculado usando el GPS) o de biomasa (por ejemplo, el área basal o capa de hojas en descomposición de manglares rojos) a través de estudios *in situ* o usando tecnologías remotas (por ejemplo, fotografías aéreas, tecnología satelital); y
- c) Evaluar los desembarcos (captura de pesca) de la especie clave que ha sido cosechada en el área implicada.

En el nivel más básico, el equipo evaluador debería calcular el número de individuos observado *in situ* dentro del área del estudio según las categorías de abundancia. Para algunas especies, la observación *in situ* podría requerir solo nadar en el agua o ser remolcado detrás de un bote. Para especies de alta movilidad, podría requerir la observación desde un bote, avión o helicóptero. Un conteo absoluto de individuos es una medida más exacta que las categorías. Siempre y cuando el equipo evaluador tenga el tiempo, el personal y los recursos para realizarlo, será preferible el conteo absoluto, particularmente para las especies que se prestan a este método (por



BRANDON COLLEGE/NATURERL.COM

ejemplo, especies que ocurren con poca frecuencia, tienen baja densidad poblacional o que están confinadas a un área de estudio reducida). Dependiendo de la densidad de la especie y el tamaño del área muestreada, los conteos absolutos pueden consumir demasiado tiempo y ser demasiado laboriosos como para ser asumidos de manera realista.

Seleccionar la técnica de estudio adecuada para los conteos *in situ* de una determinada especie clave dependerá en gran medida de su conducta e historia vital. Sin embargo, pueden aplicarse las siguientes reglas básicas al considerar cuál es el mejor método:

- a) Las especies **sésiles, sedentarias, y bénticas** de rango limitado (como las conchas de abulón o la estrella de mar corona de espinas pueden ser observadas dentro de una serie o a lo largo de una serie de cuadrados, gráficos, transectos o conteos de puntos (idealmente) asignados aleatoriamente o sistemática y permanentemente estratificados, en dos o más locaciones en sitios de estudio designados dentro y fuera del AMP.
- b) Las especies móviles (como los peces o las nutrias de mar) y las especies bénticas de más amplio rango (como la langosta) pueden ser muestreadas mediante un censo visual submarino usando conteos de puntos múltiples (determinados por GPS), transectos de franja (particularmente para los invertebrados sedentarios) y nados libres (a un ritmo constante para incrementos de 15 minutos, contando 10m a cada lado de una línea imaginaria) a lo largo de perfiles de profundidad fijos en hábitats relevantes dentro y fuera del AMP. Deberá estudiarse más de un perfil de profundidad (por ejemplo, más superficial, más profundo) con relación al fondo / tipo de hábitat estudiado. Los nados libres podrían ser un método preferible para contar peces grandes, móviles, mientras que los con-



Más adelante, en B4 (pp.76-82) y B8 (pp.100-103), se ve con más detenimiento la medición de la extensión (área o biomasa) o los desembarcos de una especie clave.

▲ *En el caso de las especies clave altamente móviles y de ámbitos extensos como la ballena jorobada, podría no aplicarse la comparación de datos sobre su abundancia dentro versus fuera del AMP, pues sus individuos podrían todos pertenecer a la misma población.*

- teos de puntos y los transectos podrían ser más útiles en el caso de peces más pequeños.
- c) Las especies de amplio rango y altamente migratorias (como las aves, tortugas o mamíferos marinos) pueden observarse *in situ* usando la observación visual o rastreado con radiotransmisores y **telemetría**.
 - d) Las especies **cripticas** y raras podrían necesitar ser estudiadas usando técnicas separadas de las que se usan para otras especies clave de interés.

Las especificaciones metodológicas para estas reglas básicas están bien documentadas en otras publicaciones y al final de esta descripción de indicador presentamos estas referencias. Las réplicas de los estudios deben hacerse en múltiples sitios de muestreo, asignados aleatoriamente o distribuidos sistemáticamente y en profundidades que se encuentren dentro de áreas tanto de tratamiento como referenciales.

En los casos en que ello sea relevante y factible, los conteos de diferentes especies clave deberían hacerse durante el mismo estudio, a fin de maximizar la inversión de tiempo, trabajo e inversión.

Más allá de los simples conteos de individuos observados, en los casos en que sea posible, el equipo evaluador deberá también tratar de recoger datos de tallas para la población de la especie clave. Dicha información permitirá a los administradores avanzar más allá de un simple cálculo de cuántos individuos hay, para llegar a una mejor comprensión de la distribución de tallas de los individuos observada por clase de talla – es decir, qué porción de la población está compuesta de individuos más pequeños (juveniles) versus más grandes (adultos). Una dispersión homogénea de individuos observada a través de las clases de talla podría indicar que hay reservas de desove y en consecuencia, la abundancia de la población



NOAA PHOTO LIBRARY

▲ En las Islas Hawaianas Noroccidentales, las focas monje endémicas (*Monachus schauinlandi*) son monitoreadas de cerca durante todo el año, en un esfuerzo por entender mejor cómo se están afectando las poblaciones residentes con el recientemente establecido santuario marino.

en el futuro podría incrementarse o mantenerse. Los métodos usados para recoger datos de talla se presentan en el indicador B2. Las clases de talla pueden definirse por intervalos fijos, iguales; por ejemplo diámetros de 10cm o longitudes de 1m. Podría ser más fácil recoger datos sobre invertebrados sedentarios que sobre vertebrados móviles, ya que se podrían prestar al manipuleo y la medición de talla. Con alguna práctica es posible lograr un cálculo bastante bueno de la longitud de vertebrados móviles (como peces) (ver a continuación Bibliografía al respecto).

Los datos sobre medición de la abundancia (y talla, si es relevante) de la especie clave deben recogerse con regularidad, dependiendo del ciclo de vida y el comportamiento del organismo u organismos involucrados. Como mínimo, dichos datos deberían recogerse anualmente o cada dos años. Idealmente, estos datos deberían recogerse semestral o trimestralmente. A fin de detectar los efectos de la migración de especies del AMP, los datos deben ser recolectados en sitios de muestro que se encuentren tanto dentro (sitio de tratamiento) como fuera (sitio referencial) del AMP, incluyendo áreas inmediatamente adyacentes a las fronteras del AMP. La historia vital y el comportamiento estacional de la especie estudiada deben tomarse en cuenta al considerar la programación y frecuencia lógicas de los estudios durante el año. Los estudios de repetición deben realizarse tan próximos al mismo momento del mes como sea posible.

Si el equipo evaluador pretende evaluar la abundancia de especies exóticas, proporcionarle una lista de



Recoger datos de talla de una población de especie clave también ayudará a los evaluadores a medir el indicador B2

cotejo de las especies invasoras conocidas y sospechadas que podrían habitar el área estudiada ayudará a su identificación y quizás también a la temprana detección de especies nuevas al área. Los grupos de trabajo sobre especies invasoras regionales de la UICN pueden proporcionar información sobre especies exóticas conocidas y sospechadas.

En los casos en que corresponde, tecnologías más sofisticadas también pueden permitir el monitoreo de la abundancia de especies clave. Por ejemplo, las imágenes captadas mediante el uso de video y/o fotografía submarina en distancias fijas a lo largo de un transecto pueden ser analizadas más adelante en tierra para calcular cuidadosamente las observaciones de frecuencia para especies clave. Esto puede ser especialmente útil en aguas profundas donde podría ser peligroso respirar aire comprimido por periodos largos con SCUBA. Podría necesitarse radiotransmisores y telemetría para rastrear poblaciones de organismos migratorios de gran talla. El estudio aéreo y las tecnologías de percepción remota también pueden ayudar a los evaluadores a estudiar grandes poblaciones de organismos y/o muestras en AMPs extensas. La aplicación de dichas técnicas avanzadas requerirá significativamente más recursos y capacidades que los conteos *in situ*.

Cómo analizar e interpretar los resultados

Recopile, ingrese y administre los datos reunidos en la base de datos de evaluación del AMP. Grafique la frecuencia (eje y) de individuos de una especie clave observada tanto dentro como fuera del AMP a través del tiempo (eje x). ¿Hay a través del tiempo alguna tendencia o cambio observable de las especies clave dentro del AMP en comparación con las de fuera? ¿Indican las áreas externas pero adyacentes al AMP una migración de especies (excedentes)? Usando técnicas estadísticas (por ejemplo, análisis t de Student, análisis de varianza), ¿cómo se compara una con otra las poblaciones muestreadas de la misma especie clave dentro y fuera del AMP, y consigo mismas a través del tiempo? ¿Cuán confiables son los cambios percibidos o las tendencias observadas dentro del AMP en comparación con la variabilidad que ocurre fuera del AMP? ¿Se observó especies invasoras conocidas o nuevas durante el estudio?

Calcule un estimado aproximado de la densidad de especies clave dividiendo el número total de individuos observados (frecuencia) por el área muestreada. ¿Están cambiando las densidades de dentro en comparación con las de fuera del AMP a lo largo del



Si también se recolectan datos de talla, véase B2 por una orientación para el análisis y la interpretación de estos datos.

Productos (para cada especie clave estudiada)

- Un perfil de la abundancia (sea como clases, conteos absolutos, área o biomasa) dentro y fuera del AMP.
- Densidades poblacionales estimadas dentro y fuera del AMP.
- Una idea acerca de si la población estudiada se encuentra en grupos o uniformemente distribuida en toda el área del estudio.

Otros productos (si corresponde)

- Un perfil de la abundancia de individuos más pequeños versus más grandes (usando categorías de talla) dentro de la población de la especie clave dentro y fuera del AMP.
- La abundancia relativa de diferentes especies clave observadas en toda la comunidad estudiada.
- La presencia/ausencia y la abundancia conocidas de especies invasoras presentes en la comunidad.

tiempo? Grafique espacialmente estas densidades en relación con el área estudiada. Busque patrones en la densidad observada: ¿Están los individuos uniformemente distribuidos en las áreas estudiadas o se agrupan en ciertas áreas muestreadas?

Grafique la abundancia (eje y) de las poblaciones observadas en diferentes especies clave (eje x, como histogramas) relativas unas a otras dentro de la comunidad. Monitoree los cambios de la abundancia relativa de estas poblaciones de especies clave a través del tiempo. ¿Aparece alguna relación proporcional entre la abundancia relativa de poblaciones? ¿Las abundancias relativas de las diversas especies clave observadas dentro de la comunidad están cambiando o se están manteniendo en el tiempo? ¿Se observó especies invasoras conocidas o recién llegadas durante las exploraciones?

Prepare los resultados y las conclusiones para su divulgación entre el público. Presente los resultados oral y visualmente ante públicos objetivos, y luego distribuya informes escritos (incluyendo gráficos y tablas de resultados). Estimule la validación independiente de los resultados por colegas y por otros que se encuentren dentro del área muestreada, a fin de que confirmen o rechacen los resultados y de incrementar la comprensión de los efectos de las actividades del AMP en el área. Asegúrese de incluir historias o anécdotas que ilustren los resultados observados entre los usuarios.

Fortalezas y limitaciones

El enfoque y los métodos de estudio general para medir este indicador son relativamente sencillos y comúnmente usados. Sin embargo, el grado total de dificultad al medir el indicador puede variar ampliamente. En algunos casos, la recolección de datos sobre abundancia puede hacerse rápidamente, a bajo costo y con un mínimo de especialistas. En otros casos, podría requerir varios meses y un gran equipo de trabajo para poder llevarse a cabo. La cantidad de tiempo, financiamiento, equipamiento y habilidades evaluadoras requeridas para la medición en un AMP dependerá en parte de:

- a) El tamaño del AMP que necesite ser estudiada;
- b) El número de especies clave por muestrear;
- c) La densidad en la que ocurren las especies clave;
- d) El comportamiento migratorio y el tamaño del rango habitacional de la población observada;
- e) La notoriedad y el grado de facilidad con que la especie se puede observar; y
- f) La capacidad local / nacional para conducir el estudio y el nivel de habilidades que se encuentra en el equipo evaluador.

Por ejemplo, medir la abundancia de un colorido organismo sésil que se presenta en las aguas poco profundas de un AMP pequeña requerirá bastante menos capacidad de estudio que la medición de una especie pelágica altamente migratoria de la cual se sabe que visita con poca frecuencia los mares comprendidos dentro y fuera de una gran AMP.

Las observaciones de la abundancia de una especie clave son difíciles de inferir más allá del área muestreada. Debe muestrearse extensas áreas para poder tipificar confiablemente las AMPs de gran tamaño y las aguas circundantes. Asimismo, como algunas poblaciones pueden ocurrir con alta variabilidad espacial y estacional, podrían requerir un elevado nivel de esfuerzos de muestro en cuanto al área y el tiempo de monitoreo.

En el nivel básico, los evaluadores deben tener la capacidad de emprender conteos de abundancia o realizar cálculos de clase y poder identificar correctamente la especie clave *in situ*. En algunos casos, los estudios de abundancia pueden requerir considerable cantidad de tiempo y trabajo para su realización. Para realizar el cálculo de longitud, de biomasa y/o estudios de capturas desembarcadas se necesitarán habilidades más avanzadas.

Por último, los conteos se limitan a profundidades en las que el buceo puede realizarse con seguridad. Para determinar la abundancia de especies clave en aguas más profundas, deben hacerse estudios de la pesca desembarcada de las especies de aguas profundas capturadas.

Bibliografía y enlaces de Internet útiles

Noss, R. F. (1990). "Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach". *Conservation Biology* 4(4): 355–364.

Métodos para calcular abundancia y longitud

Bell, J.D., Craik, G.J.S., Pollard, D.A. y Russell, B.C. (1985). "Estimating length frequency distributions of large reef fish underwater". *Coral Reefs* 4: 41–44.

Dartnall, H.J. y Jones, M. (1986). *A manual of survey methods of living resources in coastal areas*. ASEAN-Australia Cooperative Programme on Marine Science Hand Book. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Queensland, Australia.

English, S., Wilkinson, C. y Baker, V. (eds.) (1997). *Survey Manual for Tropical Marine Resources. 2da Edición*. Australian Institute for Marine Science, Townsville, Queensland, Australia.

Gunderson, D.R. (1993). *Surveys of Fishery Resources*. John Wiley and Sons, Inc., Nueva York, NY, EEUU.

Mapstone, B.D. y Ayling, A.M. (1993). *An Investigation of optimum methods and unit sizes for the visual estimation of abundances of some coral reef organisms: A report to the Great Barrier Reef Marine Park Authority*. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Queensland, Australia.

Mapstone, B.D., Ayling, A.M. y Choat, J.H. (1999). *A Visual Survey of Demersal Biota in the Cairns Section of the Great Barrier Reef Marine Park: A Report to the Great Barrier Reef Marine Park Authority*. Publicación de

Investigaciones N° 60. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Queensland, Australia.

Página Web de MPA MEI: útil hilo de discusión entre Tupper y Ellis en cuanto al muestreo y diseño apropiados para métodos de observación de especies clave *in situ*. [URL en línea: effectiveMPA.noaa.gov]

Métodos de censo visual submarino

Samoilys, M. (ed.) (1997). *Manual for Assessing Fish Stocks on Pacific Coral Reefs*. Training Series QE9700. Department of Primary Industries, Queensland, Australia.

Thompson, A.A. y Mapstone, B.D. (1997). "Observer effects and training in underwater visual surveys of reef fishes". *Marine Ecology Press Series* 154: 53–63.

Evaluación rápida de peces y hábitats

McKenna, Sheila A., Allen, Gerald R. y Suryadi, Suer (eds.) (2002). "A Marine Rapid Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia". *RAP Bulletin of Biological Assessment* 22. Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International, Washington, DC, EEUU.

The Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Program. [URL en línea: www.cep.unep.org/programmes/spaw/icri/aggra.htm]

Métodos para el nado medido

Donaldson, T.J. (2000). Testing the effectiveness of MPAs and other reef fish management strategies using agent-based models. Propuesta presentada a Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica, EEUU. Informe no publicado. University of Guam Marine Laboratory. Mangilao, Guam. [En línea en <http://www.uog.edu/marinelab/mpa/abm.pdf>]

¿Qué es la 'estructura poblacional'?

La estructura poblacional es la probabilidad de que diferentes tallas y edades de individuos ocurran en la población de una especie clave. Una población que experimenta poco o ningún impacto humano y se ve influenciada extensamente solo por condiciones naturales tiene más probabilidades de albergar el número necesario de reproductores a fin de repoblarse y persistir en el tiempo, que otra cuyos individuos son extraídos para uso humano.

Al medir este indicador, es posible ir más allá de simplemente evaluar qué cantidad de una especie clave existe en un momento dado (indicador B1) tipificando además cómo están estructurados los individuos de la población según su talla y edad, y evaluando el potencial reproductivo de la población. En tal sentido, este indicador puede ser usado por los administradores como una 'instancia' de un momento puntual para saber qué proporción poblacional de la especie clave consiste en reproductores, y a la vez como una 'bola de cristal' para ayudarse a proyectar tasas de crecimiento poblacional o predecir los descensos que podrían ocurrir en la especie clave como resultado de los cambios que se dan en la estructura de talla/edad.

Entre los factores de importancia que influyen en la distribución de talla y edad dentro de una población se encuentra la regularidad de los eventos de desove, la variabilidad temporal, de cantidad y localización de asentamientos larvales y eventos de reclutamiento, y el grado de supervivencia de juveniles y el reclutamiento de los juveniles en general.

¿Por qué medirla?

Para que la población de una especie siga existiendo a través del tiempo, debe haber presente una cantidad apropiada de adultos reproductores. Una lógica común al usar y respaldar las AMPs es que pueden servir de puerto seguro para los reproductores de una especie local. Por lo tanto, un AMP

Observe que podría requerirse una red de múltiples AMPs para sostener adecuadamente algunas poblaciones de especies clave que presenten características de historia vital de amplio rango tales como:

- Largas etapas larvales.
- Amplios ámbitos habitacionales.
- La agregación proveniente de un área amplia en un sitio específico, para ciertos eventos vitales.
- Simplemente ser de naturaleza altamente migratoria.

gestionada eficazmente es una de la que se piensa contiene poblaciones de especies locales cuyos individuos están adecuadamente distribuidos entre clases de tallas desde juveniles hasta adultos de modo que pueda repoblarse y ser viable (es decir, persistir en el área a través del tiempo).

Más aun, al mantener las existencias de desove, se piensa que las AMPs eficazmente gestionadas también:

- a) Sirven como fuente de huevos, larvas y juveniles que se exportan a áreas externas al AMP; e
- b) Incrementan el número de adultos que se hallan en aguas externas al AMP como resultado de la migración de individuos.

En consecuencia, a los administradores se les suele asignar no solo la responsabilidad de mostrar cómo es que las poblaciones halladas en el AMP tienen la estructura y el potencial para pervivir en el tiempo, sino también la labor de demostrar cómo los juveniles y adultos exportados a aguas adyacentes externas al AMP ayudan a estabilizar las estructuras y la viabilidad de la población también en éstas áreas.

En muchos lugares, estos fenómenos son vistos como algunos de los beneficios más importantes que se derivan del empleo de las AMPs. Por lo tanto, para asegurar y sostener un apoyo de largo plazo para los esfuerzos de AMPs, debemos mostrar claramente estos beneficios.

Cómo recoger los datos

La presencia y el potencial reproductor de los reproductores y la futura viabilidad de las poblaciones de una especie clave pueden evaluarse recogiendo datos sobre talla, edad, potencial reproductor y reclutamiento de áreas de muestreo tanto dentro como fuera del AMP. Como muchas especies costeras ocurren en hábitats diversos a lo largo de las distintas fases de su ciclo vital, para las poblaciones de algunas especies clave es probable que se requiera el muestreo de muchos hábitats. En algunos casos, las marcas y coloraciones distintivas de las especies clave también podrían ayudar a los evaluadores a distinguir claramente entre juveniles y adultos reproductivos. Asimismo, podría ya existir literatura científica que muestre o sugiera la talla y/o edad de la primera reproducción de la especie clave en cuestión.

En el nivel básico, debería recogerse información sobre la talla de los individuos observados dentro de las áreas estudiadas tanto dentro como fuera del



Como el número de individuos de una población está estrechamente vinculado a su estructura de talla y edad, los indicadores B1 y B2 están muy asociados y los datos para ambos pueden ser recogidos concurrentemente.

Se relaciona con las metas y objetivos

META 1
1A 1c
1D 1F

META 2
2C 2D

META 3
3A 3D

META 5
5B 5C

Índice de dificultad
4
1–5

Recuadro B2**EJEMPLO TOMADO DEL TERRENO**

En la Reserva Marina del Extremo Oriente, el registro de los momentos en que el equipo evaluador mide las poblaciones residentes de foca larga (*Phoca largha* – derecha) en la Bahía de Pedro el Grande puede ser complejo. Febrero es la estación máxima de reproducción, cuando la mayoría de los individuos de esta vulnerable especie clave de bandera se acercan a la orilla, creando requerimientos de tiempo bastante estrictos para la realización de censos. Lamentablemente, este mes presenta también condiciones de las más inhóspitas del año en lo que se refiere a la atmósfera y el mar. El equipo evaluador ha aprendido cómo hacer su trabajo censal en esta época del año a bordo de pequeñas embarcaciones, pese a la temperatura diaria promedio de -10°C y el mar agitado. Los datos recogidos en los últimos años señalan que los criaderos protegidos están ayudando a la especie a hacer su reaparición en el lugar, partiendo desde su casi extinción en el South Primorye de Rusia.

WWF RUSSIA/FAR EASTERN MARINE RESERVE



Requisitos

- Los mismos requisitos que se enumeró para el indicador B1.
- Redes de captura, líneas y trampas.
- Equipamiento para medir la talla, tal como un tablero para medir los peces, una cinta métrica flexible, vara o regla para medir, calibradores y un juego de balanzas.
- Estuche de marcas plásticas para capturar-marcar-recapturar. Básico.
- Sistema de rastreo telemétrico por radio de capturar-marcar-recapturar avanzado.
- Edad: equipamiento de recolección y retención de especímenes.
- Edad: infraestructura de laboratorio y equipamiento para analizar los especímenes.
- Reclutamiento: placas de recolección, redes y trampas.

AMP. Recoger datos sobre la talla de los individuos muestreados de una población de especie clave es particularmente útil cuando el organismo tiene una relación fija de talla a edad y a la vez se sabe la edad (o talla) de la primera reproducción. En dichos casos, puede hacerse una distinción confiable entre reproductores y juveniles sobre la base de datos precisos sobre la talla

Los métodos de estudio in situ para observar y muestrear individuos para talla son los mismos que los descritos para el indicador B1. En la mayoría de los casos, los datos de talla de las especies clave pueden recogerse mediante un estudio in situ de la siguiente manera:

Los datos reales o estimados de longitud/talla se miden de manera diferente, dependiendo del tipo de organismo estudiado, por ejemplo:

- Los peces, por su longitud total o caudal (cm o m).
- Los mamíferos marinos, por su longitud total o ancho de la aleta caudal (m).
- Los bivalvos, por su longitud dorsoventral (cm.).
- Los crustáceos, por la longitud del carapacho (cm).
- Los reptiles marinos, por la longitud de su carapacho (concha) medida en línea recta (cm).
- Los manglares, por la circunferencia del tronco a la altura del pecho (cm).

- Calculando la longitud o la talla de los individuos móviles observados a distancia dentro del área de muestra (tanto dentro del agua como superficial o desde el aire), tales como peces, mamíferos marinos o aves marinas);
- Recogiendo, manipulando y midiendo la longitud o talla real de individuos vivos (antes de su liberación); y
- Midiendo la longitud o talla real de los individuos cosechados.

Si bien la recolección de datos de edad de los individuos estudiados requiere un nivel de habilidad más avanzado, ella podría ser deseable, en particular para las especies clave de las que se conoce la edad de maduración sexual del organismo y en las que la talla no sea útil para predecir bien el potencial reproductivo. Se puede conducir estudios de crecimiento programados en el tiempo usando métodos de captura-marca-recaptura (CMR) en individuos vivos que hayan sido recapturados tras haber sido previamente marcados y liberados. Esto puede hacerse usando etiquetas de marcaje plásticas simples y baratas y un mínimo grado de habilidad, o mediante técnicas más sofisticadas como radiotransmisores y equipo de telemetría sumergibles. El estudio de CMR puede no solo brindar información importante acerca del ritmo en que crecen los individuos con el tiempo (es decir, la relación talla-edad), sino también ayudar a los administradores a enten-

▼ **En Marovo Lagoon, en las Islas Salomón, pescadores del lugar ayudan a los administradores locales a monitorear poblaciones clave de peces de arrecifes de coral al permitirles medir datos del largo caudal en individuos capturados en aguas que circundan varias AMPs de gestión local.**



JOHN PARRIS

der mejor cómo se movilizan las poblaciones de especies clave dentro y fuera del AMP.

En muchos casos, elaborar un buen perfil de la distribución de edades de una población requerirá un nivel sofisticado de estudio científico, como la disección, biopsia y análisis genéticos de los órganos reproductivos, la disección y análisis de los otolitos de los peces, y el estudio de otras características morfológicas de las especies. Dichos estudios pueden ser particularmente útiles si no se conoce la talla o la edad de la primera reproducción de la especie clave estudiada.

Observe que en algunos organismos, como los peces de arrecifes de coral, las tasas de crecimiento no son siempre constantes a lo largo del ciclo vital de un individuo. Asimismo, las correlaciones entre la talla corporal y la edad pueden no necesariamente ser consistentes en el tiempo. Por lo tanto, el entender la estructura de tallas de una población en unos cuantos momentos específicos del tiempo puede no permitir a los evaluadores comprender total o exactamente las tasas de crecimiento, las edades o la capacidad reproductiva de la población.

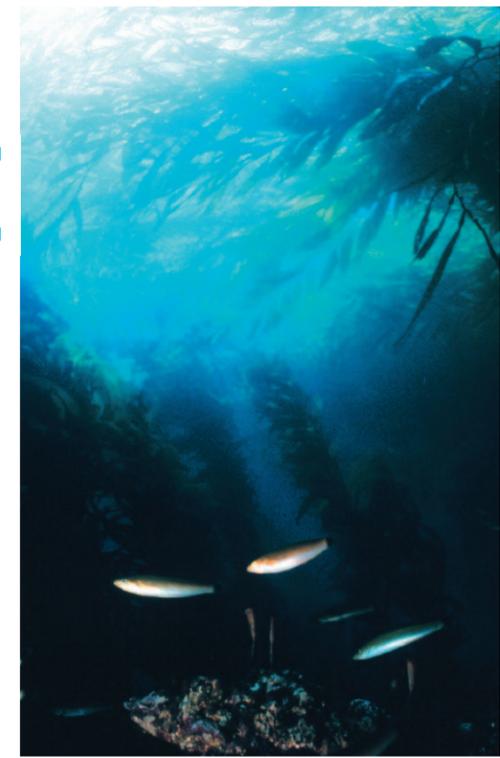
Otra medida para evaluar la estructura poblacional es estimar el potencial reproductivo de una población. Esta puede caracterizarse en parte por:

- La presencia de reproductores;
- La cantidad (biomasa, número) de reproductores;
- La periodicidad del comportamiento de desove y la frecuencia de eventos de reproducción; y
- La potencial fecundidad de los reproductores (definida como el número de huevos producido por la población durante el desove).

Por último, también pueden realizarse estudios sobre reclutamiento y supervivencia de la especie clave para ayudar a evaluar la viabilidad de la población a través del tiempo. Los datos sobre reclutamiento pueden recogerse usando el censo visual o a través de la captura y medición de la talla de los individuos (observe que esto puede llevar a la mortalidad del espécimen). Usualmente se usan redes, anzuelos y trampas para tomar muestras de peces juveniles y algunos moluscos. Pueden usarse placas, redes y trampas de recolección para capturar individuos más chicos o especies clave invertebradas de cuerpo blando y de cuerpo duro, como los reclutas y juveniles de coral. Las trampas son útiles para asentar larvas de langosta, caracol, pepino de mar, u otros invertebrados.



La recolección de datos sobre colonización larval y la de datos sobre reclutamiento de juveniles pueden hacerse concurrentemente con el indicador B5.



NOAA Photo Library

▲ **Monitorear la periodicidad y frecuencia de los eventos y sitios reproductivos de una especie clave puede ayudar al equipo evaluador a caracterizar con más precisión la estructura y viabilidad de la población.**

Observe que, como la recolección de datos de reclutamiento dentro del AMP puede requerir desembarcos de pesca y cierta mortalidad de especímenes vivos, podría no ser compatible con las metas o normas de su AMP (por ejemplo, una zona de no extracción).

La información usada para caracterizar la estructura de la población (como mínimo, datos de talla) debe recogerse idealmente una o dos veces al año, y al menos cada dos años (dependiendo de la especie clave). La programación ideal para la medición dependerá de la historia vital del organismo u organismos que se esté evaluando. Los datos de talla deben recogerse concurrentemente con los datos de abundancia (indicador B1) para cada especie clave.

Cómo analizar e interpretar los resultados

El análisis e interpretación de los datos recogidos para este indicador son los mismos que los presentados para el indicador B1. Ingrese los datos de talla y edad en la base de datos del AMP, de modo que puedan organizarse y/o exportarse dentro de clases definidas de tallas o edades, de intervalos fijos e iguales; por ejemplo, incrementos de 10cm, longitudes de 0.5m, o un año. Ingrese en una tabla la frecuencia con la que se observa a individuos de cada clase de talla o edad dentro y fuera del AMP. La distribución de individuos en clases de talla/edad también puede verse en un gráfico haciendo la curva de frecuencia de los individuos observados (eje y) versus su clase de talla/edad respectiva (eje x).

Observe que el construir confiablemente una comprensión de la estructura de una población

usando este indicador toma varios años. Es peligroso intentar caracterizar una población residente y/o tomar decisiones de gestión sobre la base de un solo conjunto de datos o una serie informativa de tiempo limitado.

Usando datos de la captura, determine el perfil de la frecuencia anual promedio tallas (longitudes) de los organismos cosechados en el tiempo. A partir de este punto, defina una curva de captura convertida a longitud en un gráfico. Use los resultados para determinar un cálculo de la tasa total de mortalidad prevaleciente en las clases sucesivas. Compare los resultados con los de otras poblaciones de muestra de la misma especie.

Compare las estructuras de talla/edad de la población tanto dentro como fuera del AMP a través del tiempo. Asumiendo que un número ade-



NOAA PHOTO LIBRARY

▲ El candil barredado (*Myripristis jacobus*) en un rincón del arrecife de coral.

cuado y estable de juveniles sobrevivientes y adultos en edad reproductiva de una población mejorará sus probabilidades de persistir, y contemplando la variabilidad natural (que puede ser alta en algunos casos), pruebe y encare las siguientes interrogantes. ¿Hay alguna tendencia o cambio observable en la distribución de clases de talla/edad de los individuos de una especie clave dentro del AMP versus fuera de ella? ¿Los individuos medidos fuera pero adyacentemente al AMP indican un efecto de migración (spill over) de ciertas clases de talla / edad? Si se conoce la talla/edad de la primera reproducción, ¿hay algún cambio observable en la abundancia de juveniles versus reproductores dentro del AMP versus fuera de ella? Al interpretar los resultados de la clase de talla, recuerde que la estructura de talla dentro de muchas especies (como los peces de arrecifes de coral) no es un medidor preciso de sus edades o de cuándo logran su madurez reproductiva.

Productos (para cada especie clave)

- Perfil de cómo está estructurada por talla (dentro y fuera del AMP) la población estudiada en un momento dado. Esto puede incluir una comprensión de qué proporción de la población está sexualmente madura.
- Un gráfico de la distribución de talla/clase de cada especie clave estudiada.
- Una mejor comprensión de las posibilidades que tiene la población de restablecerse si alberga adecuadas reservas de desove.

Otros productos (si corresponde)

- La distribución de edades de la población estudiada (dentro y fuera del AMP).
- Una mejor comprensión de la edad de maduración sexual de la especie clave.
- Una caracterización del potencial reproductivo (incluyendo la capacidad de desove y de reproducción) de la especie clave comparada a su ciclo vital conocido.
- Una mejor comprensión de cuán viable o potencialmente persistente es la población, sobre la base de su capacidad de restablecerse y albergar adecuadas reservas de desove.
- Una curva de pesca convertida a longitud y una tasa de mortalidad estimada.

Usando técnicas estadísticas (por ejemplo, análisis t de Student, análisis de varianza) ¿cómo se comparan unas con otras las poblaciones de una especie clave dentro y fuera del AMP; y consigo mismas a través del tiempo? ¿Cuán confiables son los cambios percibidos o las tendencias observadas dentro del AMP si se comparan con la variabilidad que ocurre fuera del AMP?

¿Proporcionan los datos de clase de talla/edad una mejor comprensión respecto de si las acciones de gestión del AMP están conduciendo o no a una estructura poblacional más balanceada en comparación con lo que ocurre fuera del AMP? Con el tiempo, ¿están haciéndose aparentes los "umbrales" de talla/edad o los requisitos para la sustentabilidad de la población? De ser así, ¿puede esto desarrollarse aun más a fin de informar sobre las necesidades y procesos de la administración? Sobre la base de los resultados generales logrados para este indicador, ¿cuál es la probabilidad de que la población se regenere a sí misma y sea viable con el tiempo? Al compartir los resultados con públicos primarios, podría ser útil proporcionar respuestas a estas pre-

guntas usando una escala cualitativa (por ejemplo, menor, sin cambios o mayor) y/o una medida cuantitativa (por ejemplo, probabilidad de la capacidad reproductiva o fecundidad).

Prepare los resultados y los hallazgos interpretados para su divulgación pública. Presente los resultados oral y visualmente y distribuya informes escritos (incluyendo gráficos y tablas de resultados). Aliente la validación independiente de los hallazgos por parte de asociados y de entidades externas dentro del área muestreada, a fin de confirmar o rechazar los resultados e incrementar la comprensión de los efectos de las actividades del AMP en el área. Asegúrese de incluir historias o anécdotas que ilustren los resultados observados entre los usuarios.

A causa de la índole a menudo retardadora de la recolección y el análisis de la información biológica y los efectos de la variabilidad espacial y temporal en la interpretación de resultados, se recomienda enfáticamente que si en el equipo evaluador o el personal del AMP no hay especialistas calificados capacitados para encarar estos temas, debe buscarse las contribuciones y ayuda de expertos externos.

Desarrolle un perfil del potencial reproductivo (si corresponde) de la población de la especie clave y cómo este perfil se compara con lo que se sabe acerca del ciclo vital de la especie. ¿Cómo predice este perfil la capacidad de la población para persistir en el tiempo? Finalmente, si corresponde, presente el número/densidad de los reclutas y las tallas juveniles que resulte del estudio de reclutamiento y discuta cómo se relacionan con la distribución observada de categoría de talla.

Fortalezas y limitaciones

Muchas de las fortalezas y limitaciones de este indicador son similares a las descritas bajo el indicador

B1. Los datos de categoría de talla y categoría de edad son estándares de amplia aceptación y comprensión en la elaboración del perfil de la estructura y viabilidad de una población. Asimismo, la recolección regular de información de categorías de talla puede ser útil para comprender y predecir el umbral de sustentabilidad de las especies clave que estén señaladas como objetivos de cosecha de las pesqueras o fuera del AMP. En este sentido, el indicador puede servir tanto para medir la efectividad del AMP como para mejorar la comprensión de la administración *in situ* de las pesqueras y para ayudar a determinar límites de cosecha.

La medición de talla y edad requiere más habilidades que la mera observación *in situ*. El calcular a distancia las edades exactas de los individuos requiere habilidad y experiencia, y no es fácil de realizar por parte de novatos o administradores sin capacitación actualizada. El conducir mediciones de la talla de especímenes vivos requiere que el equipo tenga experiencia y capacitación en capturar, manipular, medir, y devolver los especímenes vivos con sensibilidad y en forma no destructiva. Las evaluaciones científicas de la edad requerirán: a) un equipo con un conjunto comparativamente mayor de habilidades técnicas, b) tiempo incrementado; y c) más equipamiento y recursos financieros.

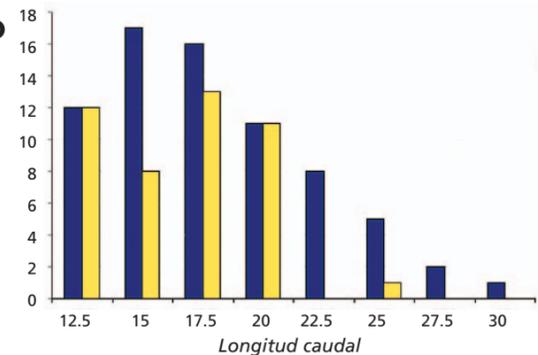
Si bien es útil, la recolección de información sobre potencial reproductivo y reclutamiento multiplicará enormemente la complejidad, y los requerimientos de trabajo, tiempo y costo de la recolección de datos para este indicador.

Asimismo, una interpretación útil de este indicador requiere inherentemente de varios años de información comparable.

Recuadro B3

EJEMPLO TOMADO DEL TERRENO

Un objetivo primordial de la Red de Reserva Marina de Guam es restaurar las poblaciones de peces de arrecife en declive. En la Reserva Achang Reef Flat, se condujo una evaluación de la estructura poblacional del pez loro (*Chlorurus sordidus*), una de las especies más comúnmente pescadas en la pesca de arrecife del litoral en Guam. Los resultados del equipo evaluador (a la derecha) muestran cómo se observó categorías de talla mayores y más abundantes de pez loro dentro de la Reserva Achang Reef Flat que en sitios adyacentes controlados (no protegidos). Los datos recolectados parecen sugerir que esta especie parece estar experimentando una recuperación poblacional dentro de la Reserva Achang Reef Flat, que fue el principal objetivo de la Red de la Reserva.



▲ La distribución de categorías de talla del pez loro observada dentro (barras moradas) y fuera (barras amarillas) de la Reserva Achang Reef Flat.

Bibliografía y enlaces de Internet útiles

- Bell, J. D., Craik, G.J.S., Pollard, D.A. y Russell, B.C. (1985). "Estimating length frequency distributions of large reef fish underwater". *Coral Reefs* 4: 41-44.
- English, S., Wilkinson, C. y Baker, V. (eds.) (1997). *Survey Manual for Tropical Marine Resources. 2a Edición*, Australian Institute for Marine Science, Townsville, Queensland, Australia.
- Munro, J.L. y Pauly, D. (1983). "A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates". *ICLARM Fishbyte* 1(1): 5-6.

Cálculo de la edad

- Choat, J.H. y Axe, L.M. (1996). "Growth and longevity in acanthurid fishes; an analysis of otolith increments". *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 134: 15-26.
- Ferreira, B.P. y Russ, G.R. (1994). "Age validation and estimation of the growth rate of the coral trout, *Plectropomous leopardus* (Lacepede 1802) from Lizard Island, Northern Great Barrier Reef". *Fish. Bull. U.S.* 92: 46-57.
- Fournier, D. y Archibald, C.P. (1982). "A general theory for analyzing catch at age data". *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 1195-1207.

- Fowler, A.J. (1990). "Validation of annual growth increments in the otoliths of a small tropical coral reef fish". *Marine Ecology Progress Series* 64: 25-38.
- Hilborn, R. (1990). "Estimating the parameters of full age-structured models from catch and abundance data". *Bull. Int. North Pac. Fish. Comm.* 50: 207-213.

Datos de distribución de edades en un AMP pequeña

- Tawake, A., Parks, J., Radikedike, P., Aalbersberg, B., Vuki, V. y Salafsky, N. (2002). "Harvesting clams and data: involving local communities in monitoring - a Case in Fiji". *Conservation in Practice* 2(4): 32-35.

Reclutamiento

- Sale, P.F., Doherty, P.J., Eckert, G.J., Douglas, W.A. y Ferrell, D.J. (1984). "Large scale spatial and temporal variation in recruitment to fish populations on coral reefs". *Oecologia* (Berlín) 64: 191-198.



NOAA PHOTO LIBRARY

¿Qué es 'distribución y complejidad del hábitat'?

Hábitat se define como el espacio donde vive un organismo, población o comunidad caracterizada por ciertas propiedades bióticas y físicas. Los tipos de hábitat se distinguen uno de otro según su distinta composición biótica y abiótica y por las estructuras que forman espacios habitacionales.

La **distribución de hábitats** dentro de una determinada área o ecosistema es la caracterización estructural y espacial de todos los tipos de hábitats representados, sobre la base de su:

- Locación física (incluyendo la profundidad);
- Configuración (es decir, ubicación una junto a otra); y
- Extensión en términos de área total (en km²).

La distribución del hábitat varía ampliamente de un AMP a otra. Por ejemplo, los límites de un AMP muy pequeña y relativamente homogénea pueden abarcar solo uno o dos tipos diferentes de hábitat. En el otro extremo, las AMPs de ecosistemas de gran escala pueden albergar docenas de hábitats distintos.

Los paisajes marinos son mosaicos bióticos dinámicos conformados por patrones de hábitat y de una típica estructura de parches debida a la variabilidad espacial y temporal. Algunos mosaicos de hábitat son más complejos que otros. **La complejidad del hábitat** se define como la extensión (área en km²) y la diversidad (número) de tipos y zonas de hábitat distintas halladas dentro de un área determinada. La mayor complejidad de hábitat no necesariamente indica un ecosistema 'mejor' o más saludable; el nivel de complejidad 'correcto' depende en general de lo que ocurriría naturalmente en ausencia de impactos humanos. Sin embargo, una estructura de hábitat altamente compleja alberga dentro del ecosistema una mayor variedad de tipos de hábitat y zonas que otro ecosistema de estructura uniformemente distribuida de baja diversidad. Las estructuras de hábitats altamente complejas que albergan

◀ **La distribución del hábitat y los tipos de hábitat en un AMP dependen de las características físicas y biológicas del espacio vital. Por ejemplo, este atolón en Yap, en el Pacífico Sur, demuestra zonas de hábitats asociadas con arrecifes de coral, desde la orilla hasta mar adentro, diferenciadas por profundidad y tipo de sustrato. Entre estos hábitats se encuentran los siguientes:**

- a) Playa arenosa litoral
- b) Marisma y zona de cascajo arrecifal.
- c) Parches arrecifales y pastos marinos de aguas someras
- d) Plataformas y crestas arrecifales de costas someras
- e) Canales arrecifales de montículos y surcos, y talud arrecifal submareal
- f) Aguas costeras del litoral.

una amplia diversidad de organismos se citan comúnmente como prioridades para la protección por parte de los grupos de gestión y conservación.

Observe que bajo condiciones naturales, la distribución y complejidad del hábitat no permanecen estáticas en el tiempo y el espacio. Por ejemplo, la baja complejidad del hábitat observada en un AMP a causa de una incrementada predominancia de algas puede estar dentro del rango de variabilidad natural y no ser consecuencia de la actividad humana.

La **integridad del hábitat** puede definirse como la probabilidad de que la distribución y complejidad del espacio vivo persista en el tiempo. Por lo tanto, un hábitat 'saludable' es uno que tenga fuerte integridad y sea resistente al cambio marcado. La integridad del hábitat ofrece una perspectiva más dinámica a este indicador que simplemente evaluar una 'instantánea' de la estructura del hábitat (es decir, un solo momento en el tiempo).

¿Por qué medirlo?

Las comunidades de organismos dependen de la presencia de un adecuado espacio vital dentro del cual existir y reproducirse. Los eventos de perturbación que ocurren en la comunidad, ya sean naturales o causados por los seres humanos, pueden conducir a cambios en la estructura del hábitat y a disminuciones en su complejidad. Dichos cambios pueden a su vez originar disminuciones de la abundancia de especies clave y cambios en la estructura poblacional y la composición de la comunidad.

Las AMPs suelen usarse en un intento de evitar o disminuir la frecuencia e intensidad de las perturbaciones causadas por el hombre en un área dada, a fin de detener el cambio nocivo en el hábitat que comprenden. Esto presupone que dichos eventos de perturbación se localizan dentro del AMP o en sus cercanías y fuera de la influencia de la acción gestora. Los eventos de perturbación por efectores externos que escapan al control de los administradores, tales como una elevación de la temperatura de la superficie marina y la sedimentación de aguas abajo causada por actividades de talado de árboles en el interior, pueden poner en peligro la efectividad de las acciones de gestión de un AMP. No es de sorprender que el mantenimiento de la complejidad y 'salud' (integridad) del hábitat se considere una medida crítica del éxito en muchas AMPs, particularmente en las AMPs de gran escala, que alcanzan nivel de ecosistema, y son representativas de múltiples hábitats. El conocimiento y una mejor comprensión de las causas y niveles de los cambios ocurridos en la estructura del hábitat no solo permiten a los administradores identificarlos y encararlos potencialmente, sino también reevaluar y adaptar las

Se relaciona con las metas y objetivos

META 1
1BMETA 2
2DMETA 3
3A 3BMETA 4
4A 4B
4C 4DMETA 5
5C 5EÍndice de dificultad
5
1-5



NOAA PHOTO LIBRARY

JURGEN FREUND / NATUREPL.COM

B3



▲ **Las tormentas y los ciclones son ejemplos de eventos de perturbación naturales que conducen a cambios en la distribución y complejidad del hábitat (foto insertada). La pesca de arrastre de fondo, la pesca con dinamita (fotografía principal) y la pesca con cianuro son ejemplos de fenómenos localizados, causados por el hombre, que disminuyen la complejidad del hábitat.**



Este indicador está estrechamente relacionado con las cinco metas biofísicas que se ha identificado para las AMPs (ver Figura B1), en particular la meta 4 (hábitat protegido) y la meta 5 (restauración de áreas degradadas).

Requisitos

- Sitios de muestreo designados dentro y fuera del AMP.
- Un número adecuado de personal y/o voluntarios capacitados.
- Capacidad del equipo evaluador de reconocer y distinguir entre diferentes tipos/zonas y **ecotonos** (áreas de hábitats superpuestos) así como de demarcarlos.
- Familiaridad del equipo evaluador con los tipos y alcances de las amenazas antropogénicas activas; capacidad de reconocer los efectos de los fenómenos de perturbación originados por el hombre.
- Participación de un ecologista experimentado de la comunidad y/o un especialista en mapeo y estudio de hábitats, o acceso a dichos expertos.
- Un bote (con equipo de seguridad) y motor.
- Herramientas de exploración (por ejemplo, cinta métrica, brújula, cable de remolque, pizarrín de anotaciones sumergible) para la caracterización in situ del sustrato y los conjuntos de los organismos que conforman el hábitat
- Equipo de buceo (SCUBA) o de esnórquel.
- Mapas básicos (óptimamente, digitales) para el área más extensa que se esté estudiando, en diversas resoluciones (desde alta hasta baja).
- Un sistema manual de posicionamiento global (GPS).
- Software y hardware de sistemas de información geográfica (GIS) relevante (por ejemplo, computadores, graficadores digitales e impresora grande).
- Para medición avanzada (si corresponde): acceso a tecnologías de teledetección (por ejemplo, imágenes satelitales y/o fotografía aérea completas); avioneta o helicóptero para fotografía aérea; cámara de vídeo digital y carcasa submarina; vehículo operado a control remoto (ROV) y otros robots; sonar para elaborar perfiles del fondo; familiaridad del equipo evaluador con los patrones de utilización del hábitat.

fronteras y la definición zonal de las actividades del AMP de modo intuitivo a través del tiempo, con el objeto de adaptarse a dicha modificación.

Cómo recoger los datos

La recolección de datos para este indicador requiere un proceso de estudio y caracterización en profundidad en el AMP y sus alrededores.

Puede hacerse un inventario exhaustivo de los hábitats que se encuentran dentro de toda el área del AMP y en sus alrededores si el equipo evaluador tiene el tiempo y los recursos adecuados para

realizarlo. De otro modo, deberá muestrearse y caracterizarse un mínimo de 20 a 30% del área total dentro del AMP y alrededores, clasificándose los estudios según su profundidad y tipo de sustrato. El equipo evaluador debería tener como objetivo mínimo el caracterizar los tipos de hábitat 'prioritarios'; es decir, los hábitats que comprenden una mayoría del total del área representada en el AMP o de valor para la conservación y la gestión de especies clave que se dan dentro del AMP (por ejemplo, en los hábitats estuarinos donde se reclutan y crecen juveniles de especies clave). Óptimamente, la mayoría de las AMPs tendrán el tiempo y los recursos para realizar un inventario y una caracterización in situ de todos los tipos de hábitat (no solo los prioritarios) representados dentro del AMP y alrededores. En algunos casos, todos los tipos de hábitat representados dentro del AMP se considerarán prioridades de gestión y por lo tanto necesitarán ser estudiados.

La caracterización del hábitat se hace mediante estudios *in situ* y/o *ex situ* dentro y alrededor del AMP. A través del estudio de la caracterización del hábitat se recogen tres categorías de datos: 1) datos de la composición del hábitat, 2) datos del estado del hábitat y 3) datos de la distribución del hábitat. A continuación se describen los métodos de recolección de datos para las tres categorías.

Los datos de la composición del hábitat se recogen mediante un estudio de las características bióticas (especies, composición de la comunidad) y abióticas (sustrato, condiciones del agua) del área muestreada. Contemplando las distinciones que se hará entre los patrones de las características bióticas y abióticas observadas, puede identificarse los diferentes tipos de hábitats y ecotonos que se dan. Junto con los indicadores B1 y B2 se discuten los métodos de estudio de aguas superficiales para caracterizar el sustrato y los conjuntos de organismos de una o múltiples especies. Junto con el indicador B8 se describen los métodos de estudio utilizados para recoger datos sobre las condiciones del agua.

En los casos en que estos métodos de muestro *in situ* no son viables, puede realizarse una generalización cualitativa del tipo de sustrato y la composición de especies observados dentro del área estudiada a través del tiempo o nadados libres con aparejos de buceo. En algunas AMPs, puede haber disponibles tecnologías más avanzadas para una elaboración alternativa *in*



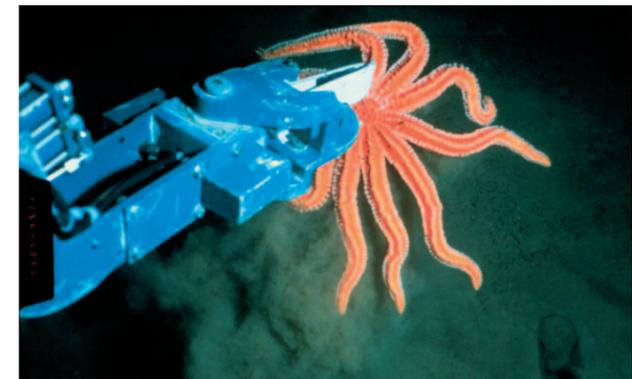
Los métodos de recolección de datos in situ para este indicador son similares a los de los indicadores B1, B2, B4 y B5. Por lo tanto, deben ser medidos conjuntamente.

situ del perfil del hábitat, como la exploración con vídeo en aguas de poca profundidad, la videografía con vehículos operados a control remoto, el uso de sumergibles manejados por el hombre, el uso de un sonar lateral y sonar de penetración del suelo, el uso de batimetría multihaz y sondeo por eco, así como el muestreo del fondo. Dichas tecnologías alternativas de estudio in situ son particularmente útiles en aguas profundas.

La caracterización de la composición del hábitat también puede hacerse *ex situ* usando tecnologías de teledetección, tales como las imágenes vía satélite y la fotografía aérea. Tales métodos *ex situ* pueden ser particularmente útiles dentro de AMPs extensas o de aguas profundas donde el muestro *in situ* no es factible o eficiente. Se recomienda que, en lo posible, se haga un nivel mínimo de estudio in situ a fin de validar los datos recogidos mediante la caracterización *ex situ*.

En algunos casos, la composición del hábitat puede ser difícil de emprender usando métodos ya sea *in situ* o *ex situ*. En dichos casos, debe hacerse una aproximación a la composición, estado y distribución del hábitat usando la mejor información y conocimiento disponibles (por ejemplo, desde el estudio de capturas de pesca de arrastre fuera del AMP y entrevistas con pescadores que usen dicha área).

A continuación, debe recogerse datos del estado del hábitat en los sitios de estudio. El estado del hábitat



NOAA PHOTO LIBRARY

▲ **En las AMPs de aguas profundas, la caracterización in situ del hábitat es posible solo mediante el uso de tecnologías como sumergibles manejados por el hombre o robots operados a control remoto.**

se mide como la cantidad y calidad de hábitat vivo que se observa dentro de un área muestreada. Habitualmente se calcula la cantidad del hábitat como el porcentaje de cubierta de hábitat (vivo u otro, por ejemplo el porcentaje (%) de cobertura viva de arrecifes de coral, el porcentaje (%) de cobertura de cascajo de arrecife) y/o la densidad de organismos

B3

vivos (por ejemplo, áreas distintas de pastos marinos vivos) que se observa dentro de un área muestreada (en m² o Km.²). También puede medirse como el volumen (gramos por m²) de biomasa viva, como en el caso de bosques de algas marinas o de manglares. El muestreo *in situ* de hábitat béntico suele hacerse usando transectos, cuadrado, gráficos, conteos de puntos o nados medidos. La calidad del hábitat es una medida de la robustez o vitalidad del hábitat vivo encontrado en un estudio. Como mínimo, puede hacerse una caracterización subjetiva de la vitalidad aparente del hábitat vivo observado dentro del área estudiada. Una caracterización de esto aplicaría una escala ordinal estandarizada de la calidad del hábitat; por ejemplo, una escala de 3 puntos que va de “morir” (punto más bajo) a “deteriorarse” (punto intermedio) y “saludable” (punto más alto). También puede ser útil revisar una lista de cotejo de indicadores conocidos relacionados con la salud del tipo de hábitat evaluado (por ejemplo, la coloración, morfología, frecuencia o volumen) cuando se ha encontrado hábitat vivo dentro del área de estudio. Por lo general, los métodos *ex situ* usados para determinar el estado del hábitat involucran cálculos aéreos de la cantidad del hábitat (total de km²), generados a través de datos obtenidos por teledetección.

Finalmente, los datos sobre distribución física del hábitat observado se recogen midiendo las siguientes características del hábitat:

- ❑ locación (profundidad y posición) dentro del área estudiada,

▼ Los hábitats estratificados verticalmente, como los bosques de algas marinas, requerirán mayor esfuerzo de estudio que los hábitats que pueden caracterizarse simplemente como hábitat de suelo marino.



BRANDON COLE/NATUREL.COM

- ❑ estructura (altura desde el suelo marino / sustrato, densidad y volumen), y
- ❑ configuración (localización relativa a otros hábitats dentro del área estudiada).

Los datos de estructura y configuración se miden con unidades de talla (cm² o m²) o área (m² o km²). Los datos sobre locación se miden ya sea como unidad de profundidad (m² o km²) o como coordenadas de referencia geográfica.

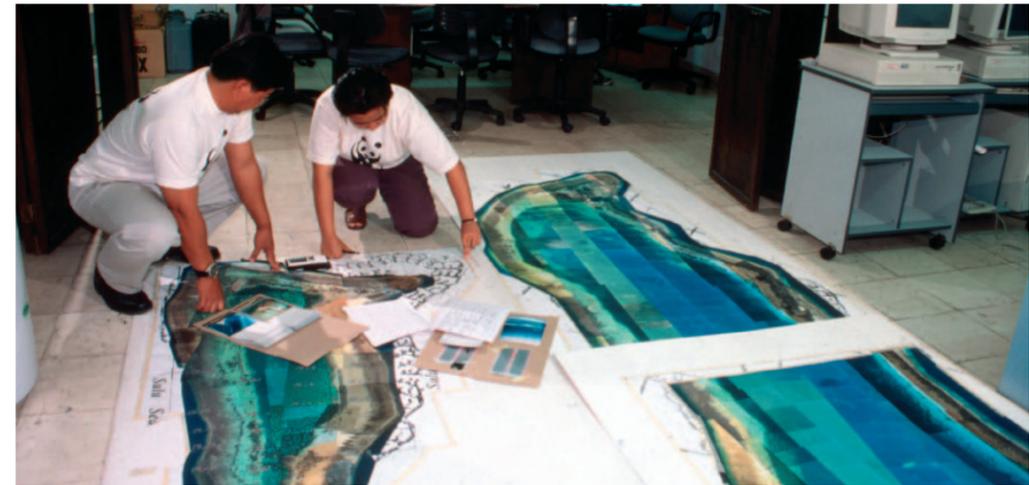
Estos datos son recolectados de una de formas:

- ❑ *in situ* usando un GPS manual y puntos de referencia naturales de tierra y mar, o
- ❑ *ex situ* mediante fotografía aérea o imágenes satelitales.

Los datos georeferenciados permiten la demarcación de distintos tipos de hábitat observados dentro del área estudiada. En los casos en que no es posible emplear un GPS manual, los rumbos magnéticos operados desde boyas permanentes en locaciones conocidas y de fácil referencia en el mapa pueden servir para ayudar a demarcar las fronteras del hábitat. Del mismo modo, el uso de marcadores de tierra y mar puede ofrecer un cálculo aproximado en cuanto a la distribución y extensión de los tipos de hábitat dentro del área del AMP. Los datos de distribución de hábitat reflejan las posiciones físicas de los diversos tipos de hábi-



La identificación, el monitoreo y el impacto de eventos de perturbación inducidos por el hombre pueden documentarse mediante la medición del indicador B10.



© WWF-CANON/JÜRGEN FREUND

▲ Culminando el mapa de hábitats para el Parque Nacional Marino Arrecife Tubbataha, uno de los sitios piloto de AMP para este libro.

tat dentro del área estudiada, incluyendo su estructura y la zonificación de toda su extensión.

La reevaluación periódica de la composición, locación, cantidad y calidad de los tipos de hábitat ayudará al futuro equipo evaluador a determinar si están ocurriendo cambios en la distribución y complejidad del hábitat o no, y, de ser así, en qué medida. Óptimamente, los datos sobre la caracterización del hábitat deben ser recolectados anualmente, al menos en los tipos de hábitat prioritarios. En muchas AMPs esto puede no ser realista. En tales casos, puede intentarse repetir los estudios cada dos o tres años, pero sin esperar más de cinco. El monitorear los tipos de hábitat con ciclos de vida anuales o perennes podría requerir una observación más frecuente. Los estudios deben ser repetidos con mayor frecuencia después de que ocurren eventos de per-

turbación naturales o causados por el hombre, conocidos por el personal y los usuarios del AMP, y que han tenido un impacto en el área del AMP o sus alrededores. Decidir el momento correcto del año en que deben repetirse los estudios podría depender del periodo de crecimiento y la **fenología** de los organismos que conforman el hábitat.

Cómo analizar e interpretar los resultados

El desafío analítico de este indicador es determinar si los cambios observados en la locación, composición, cantidad y calidad dentro del AMP se deben a fenómenos que ocurren naturalmente (tal como la sucesión ecológica) o que son magnificados por una perturbación causada por el hombre o su consecuencia. A fin de lograrlo, se necesita preparar mapas y marcar y monitorear los tipos de hábitat caracterizados en el estudio.

Tabla B1

Tabla de ejemplo de datos ingresados respecto al promedio porcentual de la cubierta béntica total para los tipos de hábitat observados en hábitats de arrecifes de coral dentro y fuera del AMP

Tipo de hábitat	AMP			Área de Control 1			Área de Control 2		
	Media	SD	n	Media	SD	n	Media	SD	n
Coral duro	17.64	12.59	16	43.65	14.14	20	36.63	8.62	16
Algas coralinas	13.07	15.61	16	8.13	7.32	20	2.60	2.25	16
Algas carnosas	44.86	15.51	16	10.08	6.97	20	2.28	2.26	16
Coral blando	10.05	15.22	16	4.38	5.93	20	39.54	13.21	16
Espojas	0.22	0.61	16	2.15	2.33	20	1.09	1.13	16
Arena	0.48	1.37	16	0.29	0.49	20	0.15	0.30	16
Cascajo arrecifal y roca muerta	13.68	13.78	16	31.33	15.64	20	17.71	10.23	16

El mapeo se hace graficando los datos de caracterización de hábitats en un **mapa básico** geo-referenciado de resolución apropiada para toda el área estudiada. La demarcación de fronteras de hábitat observadas en el mapa básico se hace usando los datos referidos por el GPS que se recogió en todo el estudio de caracterización del hábitat. La delineación de fronteras debe hacerse en una escala que sea significativa para la toma de decisiones respecto del AMP; en algunos casos, esta puede ser una resolución tan alta como unos cuantos metros. Como mínimo, las fronteras, distribución y superposición de todos los tipos prioritarios de hábitats deben graficarse en mapas e identificarse apropiadamente en comparación con el mapa básico. Idealmente, una delimitación e identificación precisos de todos los hábitats que se dan en el AMP y sus alrededores debe hacerse usando mapas básicos de alta resolución. La delimitación de fronteras debe referirse en comparación con otros mapas de hábitats existentes, si los hubiere disponibles. Consulte al personal y a los usuarios locales del AMP para comparar los resultados generados en relación con el conocimiento y la experiencia, a fin de verificar la exactitud e identificar cualquier necesidad potencial de reflejar la realidad de las fronteras de hábitats que estén en duda. Estimule el proceso de verificación de fronteras y hechos para que sea inclusivo y participatorio.

En algunos casos, habrá disponibles mapas básicos digitales. En otros, solo se dispondrá de copias en papel de los mapas básicos necesarios, obtenidas quizás de oficinas gubernamentales o de agrimensores del sector privado. De ser posible, las copias en papel de los mapas básicos deben escanearse digitalmente en un computador, de modo que los datos recogidos puedan exportarse desde su almacenamiento en la base de datos y graficarse espacialmente sobre la base del mapa digitalizado, usando programas de software de edición de imágenes o sistema de información geográfica (GIS). Cuando sea posible, los resultados del mapeo deberán ser triangulados y comparados usando los datos recogidos tanto in situ como ex situ y validados por entrevistas y conversaciones con los usuarios. Además de los datos de caracterización de hábitat, se debe intentar graficar en un mapa el alcance espacial de los eventos de perturbación y de las amenazas conocidas.



Los cambios observados en la distribución y complejidad del hábitat pueden estar relacionados con la abundancia poblacional de especies clave y la manera en que utilizan el hábitat (por ejemplo, para forraje o nidos). Reconociendo esto, dada la falta o escasez de información inicial sobre poblaciones de especies clave y sus patrones de utilización del hábitat, podría necesitarse medir este indicador simultáneamente con el indicador B1.

Otros datos biológicos y sociales georeferenciados recogidos de otros indicadores esbozados en este manual podrían ser útiles para superponerse a los datos de caracterización de hábitat recolectados. De cada una de dichas superposiciones de datos de multi-indicadores, se puede dilucidar espacialmente los patrones que se dan entre procesos biológicos, comportamiento humano y distribución del hábitat. Tal superposición y análisis de datos provenientes de múltiples indicadores es un proceso que demandará no solo acceso a tecnologías GIS, sino también tiempo, habilidades y recursos adicionales.

En los casos en que no haya disponibles mapa básico, datos referidos por GPS o tecnologías GIS, como mínimo debe poder dibujarse un mapa a mano en papel gráfico los datos espaciales sobre los hábitats, recogidos mediante boyas de referencia, rumbos magnéticos, y marcadores de tierra y mar. Los resultados graficados en mapas hechos a mano pueden entonces ser fotocopiados y verificados con respecto al conocimiento del personal y/o los usuarios del AMP.

Una vez graficado en el mapa, calcule el alcance o el promedio porcentual de la cubierta bentónica del área total de cada tipo de hábitat observado dentro de toda el área estudiada. Registre estas cifras para cada tipo de hábitat en una tabla (ver la anterior tabla de ejemplo), junto con sus desviaciones estándar y el número de estudios repetidos culminados dentro del área muestreada. Incluya datos para la zona del AMP y las zonas de control estudiadas. Actualice periódicamente a medida que se recogen nuevos datos a través del tiempo. El considerar el alcance y la distribución espacial de cada tipo de hábitat con regularidad (a medida que se recoge los datos de la repetición) permitirá comparar y monitorear los cambios ocurridos en el ámbito del hábitat a través del tiempo.

Compare el alcance (área total) de cada tipo de hábitat a lo largo del tiempo y determine si hay cambios o tendencias observables en la cantidad de hábitats existentes. ¿Son evidentes algunas tendencias de reducción o de incremento del área total en el caso de algún tipo de hábitat? De ser así, ¿cómo pueden explicarse dichos cambios (por ejemplo, como resultado de un ciclón reciente)? En algunos casos, puede tomar varios años detectar cambios o tendencias observables; en otros casos, puede tomar solo unos cuantos meses después de una perturbación para poder ver cambios marcados. ¿Cómo comparan las áreas totales de hábitat dentro del AMP y fuera de ella?

Además del alcance del hábitat, ¿hay algún cambio observable en términos de la distribución y configuración espacial de los hábitats existentes dentro del AMP en comparación con los hábitats fuera de ella? Si es así, ¿qué podría deducirse de la traslación aparente de estos tipos de hábitats y de

sus fronteras? Si se observa disminuciones en la extensión de ciertos tipos de hábitat, ¿el área perdida está siendo 'reemplazada' con otros tipos de hábitat? Si es así, ¿cuál sería la explicación posible de ello? ¿Cuán diferentes son los ritmos de cambio de los hábitats localizados dentro y fuera del AMP?

¿Cómo cambian las otras características de cada hábitat a través del tiempo, si acaso lo hacen? ¿Qué tendencias pueden observarse en cuanto a la composición de cada tipo de hábitat? ¿Hay diferencias de composición dentro y fuera del AMP? ¿Qué le sugiere la presencia o ausencia de una especie que contribuye a la composición del hábitat? ¿Se observa en general algún cambio en la calidad del hábitat? ¿Cómo están cambiando la locación y la distribución del hábitat en el entorno?

Al superponer los datos de extensión espacial estimada de las amenazas y eventos de perturbación conocidos (ver indicador B10), ¿cómo se relacionan los cambios observados en la extensión y calidad del hábitat con la locación y el movimiento de dichas amenazas? Si se estima que las disminuciones de

Productos

- Un cuadro con los porcentajes de cobertura de los tipos de hábitat observados.
- Un informe de inventario de hábitats: a) que delimite los tipos de hábitat identificados y zonas existentes dentro del AMP y en sus alrededores (incluyendo su locación y extensión), y b) que muestre el perfil de la composición y estructura biótica y abiótica, y la cantidad y calidad de cada cual.
- Un mapa georeferenciado de todos los hábitats observados, sus fronteras y su distribución.
- Una descripción de la complejidad del hábitat.
- Una mejor comprensión de la integridad del hábitat.
- Para los estudios repetidos: un análisis espacial del alcance del cambio observado (si hubiere alguno notorio) en la distribución y complejidad del hábitat a través del tiempo.

Otros productos (si corresponde)

- Una base de datos GIS sobre la locación y extensión de los tipos de hábitats y zonas, su composición biótica y abiótica, su estructura y su cantidad y calidad.
- Una colección de mapas digitales generados por GIS con datos y análisis de indicadores superpuestos de niveles variables.

hábitat observadas son resultado de actividades humanas nocivas, sobre la base de la índole y locación de dichas actividades, el reducirlas o detenerlas, ¿corresponde en términos reales a la capacidad del equipo administrativo y a las actividades del AMP? De no ser así, ¿cómo se encarará dichas actividades nocivas, si acaso se hiciere?

A continuación, calcule la complejidad del hábitat dentro y fuera del AMP, dividiendo la diversidad (cantidad) de los tipos de hábitat y zonas distintas que se encuentran en el área estudiada entre el área total (en km²), y sumando la longitud general de todas las fronteras, segmentando los tipos de hábitat adyacentes o superpuestos. Registre y monitoree los cambios en estas dos medidas de la complejidad del hábitat a través del tiempo. Al observar la distribución espacial de los tipos de hábitat y los grupos de tipos de hábitat, ¿aparecen patrones, agrupaciones o zonas particulares de hábitats? A través del tiempo, ¿cambia el patrón o se reduce la diversidad de este mosaico? ¿Están tornándose más uniformes o más heterogéneos la distribución física y la superposición de grupos de hábitats? Al analizar los datos sobre composición, ¿cómo están cambiando en el tiempo y el espacio las dimensiones físicas (locación, altura, área y volumen) y biológicas (composición) de cada tipo de hábitat? ¿Están volviéndose estas dimensiones más complejas o más homogéneas? ¿Surgen interdependencias entre las dimensiones constitutivas de cada tipo de hábitat? De ser así, ¿es posible generalizar tales interdependencias abarcando otros tipos de hábitat? ¿Cómo se comparan las complejidades del hábitat dentro y fuera del AMP?

El determinar la integridad del hábitat es un proceso altamente complejo que en la mayoría de los casos no sería realista esperar que un equipo realice como parte de una evaluación de un AMP. Sin embargo, estimar el ritmo del cambio de la extensión y complejidad del hábitat dentro del AMP a través del tiempo puede servir como un sustituto de la integridad del hábitat. Para determinar el ritmo de cambio, calcule el porcentaje de cambio incremental observado en la extensión, calidad (de cubierta viva) y complejidad (diversidad) entre las medidas actuales y anteriores, y entre las medidas actuales y del punto de partida. Asigne una puntuación a estos valores como una diferencia respecto de 100 en el cambio porcentual observado y compare estos puntos con el índice promedio (anual) de cambio incremental. Describa cualitativamente cuál es la probabilidad de que el tipo de hábitat persista, sobre la base de las tendencias del cambio observado, los cambios observados en el índice de cambio; y como una descripción de cuánto se aparta la distribución y complejidad del hábitat observado de lo que se encontraba anteriormente o de lo que podría encontrarse bajo condiciones naturales solamente. El encontrar bajos índices de cambio o que la extensión y complejidad del hábitat se mantengan iguales

podrían ser señal de una fuerte integridad. Un índice sostenido de descenso observado en la distribución y complejidad del hábitat tras un número de años consecutivos podría indicar una perturbación reciente o existente. Tales observaciones dinámicas pueden ayudar a interpretar señales de advertencia temprana de que la integridad del hábitat se está deteriorando. Por otra parte, el documentar solo cambios marginales en la estructura y complejidad del hábitat a través del tiempo dentro de un AMP en comparación con el exterior podría demostrar una gestión eficaz.

Para estudiar más exhaustivamente la integridad del hábitat, compare los resultados correlativos del indicador B1 con los resultados de cantidad y calidad del hábitat. Por ejemplo, ¿cómo se correlacionan los datos de abundancia recogidos respecto de una especie clave que se conoce como indicadora de calidad e integridad del hábitat con los datos recogidos respecto del porcentaje de cubierta viva de hábitat observado, si la hubiere? La caracterización del hábitat y los resultados del mapeo generados a partir de este indicador deben resumirse en un informe de inventario de hábitat. Este informe debe identificar biológicamente, caracterizar estructuralmente y demarcar espacialmente la posición de todos los tipos conocidos de hábitat que se dan dentro del área del AMP y sus alrededores. El informe también debe documentar los cambios observados en la distribución y complejidad de los hábitats a través del tiempo, y abordar e interpretar los hallazgos analíticos generados por la medición de este indicador. Revise y discuta los resultados generados por este indicador y resumidos en este informe con un ecologista de la comunidad que esté familiarizado con el ecosistema y los hábitats involucrados antes de difundirlos o usarlos para la toma de decisiones de adaptación.

Fortalezas y limitaciones

Este indicador requiere una inversión significativa de tiempo, esfuerzo, y recursos financieros, particularmente en las AMPs grandes que albergan ecosistemas enteros y estructuras de hábitat altamente complejas. La recolección y análisis de datos realizados en una alta resolución espacial y a gran escala pueden ser costosos y tediosos. Además, tanto el análisis GIS como la recolección y uso de datos de percepción remota son actividades caras, demandantes de tiempo que requieren una adecuada experiencia del personal, equipamiento sofisticado y mantenimiento, si han de ser útiles para el equipo evaluador. Como resultado de la combinación de requerimientos técnicos (tanto estudio como análisis), financieros y de recursos humanos, este indicador es uno de los más engorrosos e intensivos en recursos que se ofrecen en este manual, y pueden

escapar al alcance de muchas operaciones de AMPs. La recolección de datos debe hacerse con una resolución geográfica que sea lo suficientemente precisa para observar los cambios que ocurren en pequeña escala. Si la escala de análisis en la que se hacen los estudios no es sensible a la perturbación y el cambio biológico, los resultados podrían ser falsos si han omitido detectar los cambios que efectivamente se están dando. Asimismo, aunque se brinde adecuada resolución y cobertura en el estudio, podría ser difícil explicar los cambios observados.

Pese a estos retos, comprender el estado y las tendencias de distribución y complejidad de los hábitats del AMP y sus alrededores sigue siendo una necesidad prioritaria de información y una condición para un esfuerzo de gestión por un ecosistema bien diseñado y adaptado.

Bibliografía y enlaces de Internet útiles

- CSIRO (1998). *Reef Resource Survey and Habitat Mapping of Shallow Reefs in Milne Bay Province, Papua New Guinea*. ACIAR Phase 1 Proposal. Submission by the CSIRO Marine Research to the ACIAR, Canberra, Australia.
- Done, T.J. (1982). "Patterns in the distribution of coral communities across the central Great Barrier Reef". *Coral Reefs* 1: 95-107.
- Done, T.J. (1995). "Ecological criteria for evaluating coral reefs and their implications for managers and researchers." *Coral Reefs* 14: 183-92.
- Fonseca, M.S., Kenworthy, W.J. y Thayer, G.W. (1998). *Guidelines for the conservation and restoration of seagrasses in the United States and adjacent waters*. NOAA Coastal Ocean Program Decision Analysis Series N° 12. NOAA Coastal Ocean Office, Silver Spring, MD, EEUU.
- Mapstone, B.D., Ayling, A.M. y Choat, J.H. (1998). *Habitat, Cross Shelf, and Regional Patterns in the Distributions and Abundances of Some Coral Reef Organisms on the Northern Great Barrier Reef, with Comment on the Implications for Future Monitoring*. Research Publication N° 48. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Queensland, Australia.
- NOAA y Analytic Laboratories of Hawaii (2000). *Benthic Habitat Mapping Program Partnership*. [URL en línea: cramp.wcc.hawaii.edu/Overview/5_Cooperative_Programs/NOAAALH_Benthic_Habitat_Mapping_Program/Default.asp]
- Tupper, M. y Boutilier, R.G. (1997). "Effects of habitat on settlement, growth, predation risk, and post-settlement mortality of a temperate reef fish". *Marine Ecology Progress Series* 151: 225-236.

© WWF-CANON/JÜRGEN FREUND

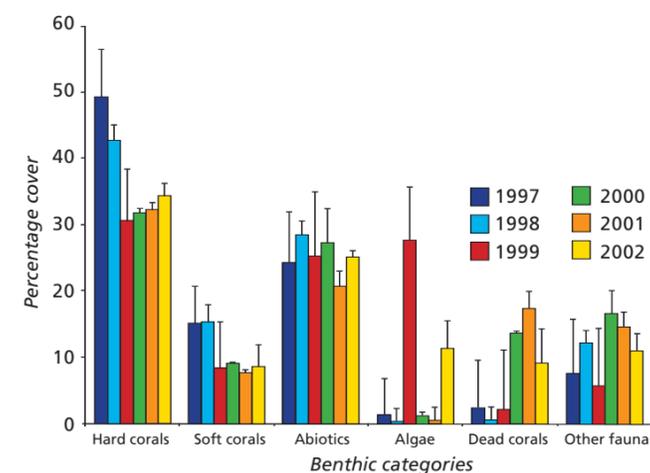


▲ Un buzo hace mediciones de aspectos vitales en el Parque Nacional Marino Arrecife Tubbataha, Filipinas.

Recuadro B4

EJEMPLO TOMADO DEL TERRENO

Entre mediados y fines de la década de los noventa se observó marcados descensos en el porcentaje de cubierta viva de coral duro encontrado en el Parque Nacional Marino Arrecife Tubbataha. Se cree que ello se debe parcialmente al extenso blanqueamiento de coral que ocurrió en gran parte del mundo durante 1998, el cual contribuyó a un incremento súbito de la cubierta de algas observado en 1999. Desde entonces, los estudios de hábitat realizados el 2002 indican que la cubierta de coral vivo parece estar recuperándose gradualmente. Se considera que el proteger Tubbataha de las presiones de la pesca ha contribuido a esta tendencia positiva, y algunos sugieren que el hábitat muestra resiliencia a las perturbaciones ocurridas durante los noventa. La capacidad del equipo administrador de Tubbataha de hacer llegar estos hechos a públicos objetivos está colaborando a asegurar un futuro respaldo para esta área.



▲ El porcentaje observado de cubierta viva desde 1997 hasta el 2002 de seis grandes tipos de hábitat béntico encontrados dentro del Parque Nacional Marino Arrecife Tubbataha.

Índice de integridad biótica

- Karr, J.R. (1981). "Assessment of biotic integrity using fish communities". *Fisheries* 6(6): 21-27.
- Karr J.R., Fausch, K.D., Angermeier, P.L., Yant, P.R. y Schlosser, I.J. (1986). "Assessment of biological integrity in running waters: A -menthol and its rationale". *Illinois Nat. Hist. Surv. Spec. Publ.* 5.
- United States Environmental Protection Agency (2002). "A brief history of the Index of Biotic Integrity". [URL en línea: www.epa.gov/bioindicators/html/ibi-hist.html]

Introducción a GIS

- Convis, C.L. (ed.) (2001). *Conservation Geography: Case Studies in GIS, Computer Mapping, and Activism*. Environmental Systems Research Institute (ESRI) Press. Redlands, CA, EEUU.

Ripple, W. (ed.) (1994). *The GIS Applications Book: Examples in Natural Resources. A Compendium*. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, MD, EEUU.

USGS (2002). Geographic Information Systems. [URL en línea: www.usgs.gov/research/gis/title.html]

Teledetección

- Green, E.P., Mumby, P.J., Edwards, A.J. y Clark, C.D. (2000). *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*. Coastal Management Sourcebooks 3. UNESCO, Paris, France. [URL en línea: <http://www.unesco.org/csi/pub/source/rs.htm>]
- Green, E.P., Mumby, P.J., Edwards, A.J. y Clark, C.D. (1996). "A review of remote sensing for the assessment and management of tropical coastal resources". *Coastal Management* 24: 1-40.

Se relaciona con las metas y objetivos

META 1

1B 1C
1D

META 2

2A 2C
2E 2G

META 3

3B 3D

META 4

4A 4B
4C 4D

META 5

5B 5C
5D 5E

Índice de dificultad
4
1-5

¿Qué es 'composición y estructura de la comunidad'?

Una **comunidad** es un conjunto de diferentes poblaciones interactivas de organismos (biota) que se hallan viviendo juntos en un área geográfica definida, la cual incluye organismos indígenas y exóticos. Algunas AMPs albergan múltiples comunidades de organismos. Este indicador se refiere a las especies que conforman tanto los tipos de hábitat como los organismos que residen en ellos para formar la comunidad – es decir, lo que hay en la comunidad.

Observe que este indicador se usa básicamente para recoger información sobre muchas poblaciones de especies (clave y otras) dentro de una comunidad muestreada. No se espera que el equipo evaluador pueda realísticamente medir todas las poblaciones de organismos que se dan dentro de la comunidad.

La **composición de la comunidad** es la diversidad y la combinación de todas las especies existentes dentro de una comunidad y su abundancia relativa (unas respecto de otras). La riqueza, el predominio, la diversidad y la abundancia relativa de las especies son características de la composición de la comunidad.

La estructura de la comunidad, por lo tanto, puede describirse como las cantidades y las abundancias relativas de todas las especies dentro de la comunidad y la manera en que se organizan en zonas o estratos de espacios vitales. Por ejemplo, en un nivel básico, la estructura de la comunidad de un ecosistema podría considerarse dentro de las **zonas intermareal, nerítica y béntica**. La diversidad del hábitat y la relativa abundancia de hábitats son ambos determinantes importantes de la estructura de la comunidad. Las características **abióticas** (por ejemplo, la geología y la luz) también influyen ampliamente en la estructura de la comunidad

¿Por qué medirla?

Es uno de los indicadores biofísicos más comúnmente identificados y de gran importancia. A menudo se desea mantener o restaurar la composición y estructura naturales de una comunidad residente a fin de estimular la 'integridad de un ecosistema, incluyendo su salud, funcionamiento y resistencia a las perturbaciones. El comprender los cambios –y su alcance y los orígenes (perturbaciones tanto naturales como antropogénicas) – que se presentan en la composición y la estructura de cada comunidad que se halla dentro del AMP y zonas adyacentes es, por ende, un prerrequisito para diagnosticar y tratar ecosistemas enfermos. La medición de la composición y la estructura de la

comunidad a través del tiempo permite a los administradores evaluar si sus esfuerzos de gestión (en este caso, el uso de un AMP) están teniendo los efectos deseados en los ecosistemas objetivos.

Además, entender qué especies conforman una comunidad de organismos y cómo están estructurados estos organismos en su entorno natural permite a los administradores asignar prioridades y monitorear las áreas costeras que requieran acciones de gestión. Por ejemplo, mejorando la comprensión de qué áreas cercanas del litoral albergan los más altos niveles de riqueza y diversidad de especies, los administradores pueden empezar a priorizar adaptativamente sus esfuerzos de gestión y asignar recursos concordantemente a medida que las condiciones cambian. Eso aumenta el valor de la inversión de los esfuerzos de gestión a través del tiempo y reduce el riesgo.

Requisitos

- Los mismos requisitos que los señalados para los indicadores B1, B2 y B3.
- Una muestra representativa de los sitios de estudio dentro y fuera del AMP, estratificados por tipos de hábitats y zonas.
- Un número adecuado de personal y/o voluntarios (según el tamaño del área que necesita ser estudiada) que: a) estén capacitados en censos submarinos, b) puedan identificar con precisión las especies estudiadas in situ y c) que estén dispuestos y comprometidos a emprender el trabajo de estudio necesario. Se recomienda un equipo mínimo de cuatro personas.
- El equipo de exploración necesario (por ejemplo, un bote con equipamiento de seguridad, aparejos de estudio y esnórquel, equipo hookah o SCUBA) para observar las diversas especies y hábitats que se encuentran dentro del área muestreada (tanto dentro como fuera del AMP).
- El conocimiento y experiencia ecológicos necesarios para interpretar los cambios en la composición y estructura de la comunidad. Esto puede requerir consultar los servicios y/o asesoría de un ecologista profesional familiarizado con el área de estudio. Esta advertencia se basa en el reconocimiento de que son escasos los hitos simples y universales que describan tales cambios independientemente del lugar en que éstos se den.

Cómo recolectar los datos

En los casos en que el área por estudiar para este indicador albergue múltiples comunidades, podría ser necesario que el equipo evaluador trabaje con el equipo de gestión a fin de determinar un conjunto (por ejemplo, dos o tres) de comunidades prioritarias que garanticen una evaluación de la composición y la estructura sobre la base de su rol e importancia ecológicas dentro del sistema en general; por ejemplo, las comunidades que albergan especies clave, las comunidades raras o frágiles, o las comunidades sujetas a fuerte impacto humano, tales como sitios de turismo de buceo o locaciones de pesca de arrastre.

Los métodos de recolección de datos para este indicador se describen en la sección de métodos de observación *in situ* para los indicadores B1, B2 y B3. La recolección de datos para este indicador debe ejecutarse simultáneamente con la de los indicadores B1 y/o B2 a fin de maximizar el retorno de la inversión del equipo en el monitoreo de recursos. Sin embargo, a diferencia de B1 o B2, este indicador requiere la observación de todos (o la mayoría visible de) los organismos vivos encontrados dentro de la comunidad designada y la locación particular muestreada, en oposición a solo unas cuantas



Este indicador está asociado con los métodos y datos recogidos para los indicadores B1 y B2. Para este indicador será particularmente útil la recolección de datos sobre la abundancia relativa de las especies clave seleccionadas que se encuentran en una comunidad muestreada.



TONI PARRAS

especies clave seleccionadas. Por lo tanto, es probable que el estudio requiera significativamente más recursos de energía, tiempo y capital que B1 o B2.

Como primer paso, es importante identificar para cada comunidad (o para las comunidades prioritarias seleccionadas) que se dé en el AMP y sus alrededores los diversos tipos de hábitats y/o zonas que se encuentran dentro de las áreas administradas por el AMP y comprendidas en ella. A continuación, dentro de cada zona/tipo de hábitat, debe realizarse un inventario completo de todos los tipos (especie) y abundancias (frecuencia) de los organismos observados en cada comunidad. La técnica de estudio precisa que se use para observar e inventariar los organismos existentes dependerá del hábitat y de las características del lugar donde se esté llevando a cabo el estudio (ver indicadores B1 y B3 para las especificaciones). Idealmente, el equipo evaluador tendrá una medida del área estudiada. Por lo general, sin embargo, los nados medidos aleatorios y los conteos de puntos estacionarios hallados en el tipo de hábitats estudiados serán suficientes en lugar de los censos visuales a lo largo de transectos o dentro de cuadrados. Estos métodos son factibles y están bien documentados en detalle en la literatura existente (ver Bibliografía útiles, a continuación).

Los datos recogidos dentro del área muestreada deben reflejar lo siguiente:

▼ *En las Filipinas, los administradores del gobierno local a veces capacitan a los habitantes de la costa en el uso de técnicas sencillas de evaluación para monitorear los cambios en la composición y estructura de las comunidades de los bosques de manglares, pasto marino y arrecifes de coral ocurridos a través del tiempo.*

- Un registro de cada organismo (especie) observado;
- Una nota de cuáles organismos observados están en peligro, son exóticos y raros;
- El número (frecuencia) y talla (si es relevante y factible) de cada individuo observado dentro de cada especie;
- La posición / profundidad relativa en la columna de agua donde el individuo es observado; y
- El tipo de hábitat(s) donde se los muestrea, incluyendo la especie de la que forman parte.

En los casos en que sea posible, también debe documentarse la composición y estructura de los hábitats a través de la estimación del porcentaje de cobertura y otras medidas adecuadas de la abundancia. En particular, debe muestrearse adecuadamente los componentes estructurales bióticos de los hábitats (por ejemplo, lechos de algas marinas, comunidades de fondo blando, arrecifes rocosos y de coral, pastos marinos, manglares) para calcular la cobertura. Entre las técnicas para hacer esto se encuentran los acercamientos exploratorios in situ con esnórquel y SCUBA (por ejemplo, observaciones visuales desde la superficie a velocidad constante 'manta tow', transecto de interceptación de líneas, cuadrados) así como las tecnologías de teledetección (por ejemplo, la fotografía aérea, las imágenes satelitales, los transectos grabados en video) (ver el indicador B3). La elección de la técnica depende en gran medida de las capacidades y recursos del equipo que emprenda el estudio de la composición del hábitat y del tipo de hábitat que se está inventariando. Esto podría requerir que, a partir del inventario de especies previamente descrito, se conduzca estudios separados. Cuando sea posible, se recomienda que los estudios de la composición del hábitat se realicen concurrentemente con otros estudios diseñados para recolectar información sobre otros indicadores. Por ejemplo, durante un estudio de transecto a través de un área de arrecifes de coral muestreada, un grupo de buzos podría recoger datos sobre la abundancia y talla de una especie (indicadores B1 y B2) concurrentemente con un segundo grupo, conduciendo una interceptación de líneas a lo largo del transecto para lograr un perfil de la composición de la comunidad del hábitat del arrecife de coral.



La recolección de datos para este indicador puede conectarse con la recolección de datos bajo el indicador

B6. Adicionalmente, como este indicador está amarrado con la mejor comprensión de los efectos de la extracción humana y otras actividades realizadas en el medio ambiente marino, tiene enlaces con el indicador B10 y varios indicadores socioeconómicos.

El estudio de comunidades de aguas profundas y pelágicas requerirá considerablemente más tiempo y esfuerzos para realizarse. En dichos casos, pueden ser útiles los métodos de estudio ex situ (descritos bajo B3). El inventario de especies para comunidades de aguas profundas suele hacerse mediante un examen con la red de arrastre o capturas con chinchorro. Como dichas técnicas son destructivas y probablemente inadecuadas para el uso regular dentro del AMP o bajo un protocolo de monitoreo sustentable, dichos métodos de estudio destructivos no están recomendados.

Deben realizarse inventarios especiales y estudios de cobertura del hábitat para cada comunidad muestreada al menos cada dos o tres años o, en caso óptimo, anualmente, en particular si los impactos o cambios en la composición de la comunidad son evidentes. Debe muestrearse una cantidad suficiente de estudios de réplica en diversas comunidades y sitios de estudio a fin de lograr confianza en los resultados generados con respecto a lo que hay y no hay y en qué cantidades relativas. Los intervalos de los inventarios emprendidos durante el año deberán repetirse consistentemente y considerar los eventos del ciclo vital que se conozca, tales como el desove, el reclutamiento, la migración estacional, etc.

Observe que los equipos evaluadores tienen a su disposición métodos más avanzados y algunos altamente técnicos para medir la composición de la comunidad. El equipo necesitará tener las habilidades y el tiempo necesario para realizar dicho estudio avanzado, o tener acceso a pericia externa y recursos para llevarlo a cabo.

Cómo analizar e interpretar los resultados

Recopile, ingrese y administre los datos reunidos dentro de la base de datos de monitoreo de la efectividad del AMP.

Hay varios análisis sencillos que pueden realizarse calculando la composición de las especies (es decir, la diversidad en términos de riqueza y proporcionalidad) y su estructura (es decir, la abundancia relativa y la distribución física) usando los datos que se haya recogido. Debe calcularse en particular un mínimo de dos atributos a fin de medir este indicador:

- riqueza de especies, y
- abundancia relativa de especies.

Opcionalmente, pueden calcularse dos atributos adicionales:

- proporcionalidad de las especies (usando los índices de Shannon y Simpson), y
- diversidad del hábitat.

PETER SCOONES/NATUREPL.COM



▲ Un ejemplo de una comunidad estructurada verticalmente en el Mar Rojo, Egipto.

La riqueza de especies se mide como el número total de especies existentes dentro de la comunidad. Para determinar esto, prepare una lista de todas las especies observadas dentro del área administrada y asigne una categoría a cada cual según el tipo de hábitat/zona estudiada. También será útil preparar un perfil (matriz/diagrama y descripción) de la composición del hábitat y la estructura de las especies encontradas dentro y fuera del AMP. El número total de especies presentes en esta lista podrá ser monitoreado a través del tiempo a fin de rastrear los cambios / tendencias. Observe que será necesario mantenerse al corriente de todos los cambios taxonómicos relevantes o nuevos enfoques relativos a la evolución de las especies, particularmente en cuanto se refiere a organismos marinos, donde nueva información actualiza continuamente las relaciones taxonómicas, como ocurre con los peces de arrecifes de coral.

A continuación, elabore un gráfico que muestre la abundancia relativa de las especies (o cree un índice de abundancia relativa) graficando los aspectos similares (agrupados de más a menos en el eje x, con enumeración de nombres) de las especies existentes en la comunidad, en comparación con la frecuencia en que se las observó (eje y) en relación unas con otras. Esto puede analizarse más detalladamente en el nivel específico del hábitat. Resalte / identifique los organismos exóticos, raros, en peligro y comúnmente hallados que se ajusten a esta descripción. Tipifique la estructura de la comunidad determinando y describiendo la abundancia relativa de las diversas especies existentes dentro de la comunidad.

Asimismo, a partir de este momento, la proporcionalidad de las especies puede medirse como la proporción de individuos entre todas las especies

sobre la base de la abundancia relativa respecto del grado en que una especie predomina en una comunidad (rango de dominio). Calcule una medida del dominio (es decir, los que biológicamente controlan una comunidad que influye en el medio ambiente circundante) usando el Índice de concentración de Simpson (ver Bibliografía útil, a continuación). Usando este índice, determine qué especies predominan más en la comunidad. La proporcionalidad de las especies puede calcularse usando un Índice de Diversidad de Shannon, un cálculo relativamente sencillo bien documentado en la literatura (ver Bibliografía útil, a continuación). Las comparaciones entre los índices pueden analizarse usando un método modificado de análisis t de Student para compararlo con los índices de Shannon (ver Magurran, 1988). El índice Morisita-Horn permite comparaciones entre los resultados del punto de partida y de las series temporales (ver Magurran, 1988).

Además, puede desarrollarse un perfil del hábitat mediante un índice de Diversidad del Hábitat usando los cálculos de Shannon para el área estudiada. A partir de los resultados de este análisis, se puede elaborar un mapa que caracterice los tipos de hábitats, su diversidad y cobertura en toda el área administrada y dentro del AMP. Usando estos resultados puede monitorearse los cambios en la composición del hábitat a través del tiempo, y los resultados pueden compararse con datos espaciales anteriores (de ser posible, superponerse usando sistemas geográficos de información) a fin de determinar la locación, extensión y grado observados del cambio en curso.

En términos de conjuntos de peces, una prueba común para comparar observaciones de la composición de comunidades de peces a través del tiempo es la medida de Similitud Proporcional de Czekanowski (ver Schoener, 1968, para los métodos).

La caracterización de la abundancia relativa de especies dentro de la comunidad puede identificarse optativamente ya sea como **log-normal**, **línea fragmentada**, o de dominio ecológico. La distribución de estos patrones de abundancia relativa puede ser graficada y analizada. Estos métodos analíticos están bien documentados en la literatura (ver Bibliografía útiles, a continuación).

Sobre la base de la estructura de la comunidad (abundancia relativa, cambios de dominio y distribución física) los datos recogidos para cada comunidad estudiada dentro y fuera del AMP y la evidencia generada como resultado, ¿está experimentando la comunidad estudiada dentro del AMP un cambio notable en su estructura (grandes desviaciones respecto de la estructura normal de su abundancia relativa o dominio)? ¿Sugieren los datos que la comunidad estudiada dentro del AMP

Productos

- Lista de las especies y hábitats que conforman la comunidad.
- Descripción de cómo se estructuran estas especies y hábitats dentro de la comunidad.
- Perfil de la abundancia relativa de las especies seleccionadas presentes dentro de la comunidad.
- Perfil de la dominancia de las especies.
- Perfil de la diversidad de especies (riqueza y proporcionalidad).
- Perfil de la diversidad del hábitat.
- Mapa de la composición / tipos de hábitat.

está experimentando un incremento notable de su diversidad (presencia de más de tres especies anteriormente ausentes y/o incremento de la abundancia relativa de algunas especies)?

Discuta comparativamente los resultados de todos los índices y de los hábitats y comunidades muestreados. ¿Qué patrones de diversidad local y regional pueden dilucidarse? ¿Cómo se comparan las comunidades en relación con las especies que se encuentran en ellas y en relación con sus abundancias? ¿Se observa algún cambio a través del tiempo en cuanto a la abundancia relativa de especies nativas versus invasoras? De ser así, ¿qué cambios correlativos se observan en la riqueza y abundancia de las especies ante la presencia de estos organismos invasores?

Si se observan cambios en la composición y estructura de la comunidad (como una disminución de la diversidad de especies existentes o cambios en el dominio de ciertas especies), o si se detecta la presencia de especies nuevas o exóticas, estos cambios podrían requerir un mayor esfuerzo para monitorear estas observaciones específicas con mayor regularidad (anual o semestralmente).

Observe que la interpretación confiable de los cambios observados en la comunidad y la diversidad requieren tiempo suficiente y un conjunto adecuado de datos. El extraer conclusiones confiables en el corto plazo puede constituir un reto y una tarea que no debe subestimarse. Los cambios de corto plazo observados en la biodiversidad pueden llevar a una interpretación errónea de los resultados; por ejemplo, el número de especies de una comunidad puede elevarse a raíz del inicio o poco después de una perturbación, sin ceder hasta un momento ulterior. Por

último, los atributos ecológicos pueden sugerir o aportar a las modificaciones observadas en los cambios de la composición de la comunidad, como ocurre con las interacciones entre poblaciones de organismos o con los patrones y gradientes de utilización de la comunidad-hábitat.

Fortalezas y limitaciones

Las fortalezas y limitaciones metodológicas básicas de las técnicas de estudio *in situ* aquí identificadas se describen bajo los indicadores B1 y B2. Adicionalmente, no todos los tipos de hábitat necesitan recibir el mismo esfuerzo de estudio. Por ejemplo, el monitoreo de arrecifes de coral puede ser priorizado sobre los pastos marinos u otras comunidades de suelo blando, según el criterio de evaluación de amenazas, valor y riesgo.

Una adecuada comprensión de los cambios de la composición y estructura de la comunidad es crucial para lograr una óptima administración y para entender plenamente el alcance de los impactos que las intervenciones administrativas tienen en el medio ambiente involucrado. Establecer una

Recuadro B5

EJEMPLO TOMADO DEL TERRENO

Para caracterizar la composición y estructura de la extensa (110 Km² de longitud) comunidad de arrecifes de coral de la Reserva de Biosfera Costera de Sian Ka'an en México, se evaluó la diversidad de especies de peces, algas y corales escleractíneos en varias estaciones de monitoreo. Al comparar los datos recogidos en los últimos años, parecen estar ocurriendo fluctuaciones en forma cíclica. Más aun, estos cambios en la comunidad no parecen haber sido muy influenciados ni exacerbados por perturbaciones naturales como huracanes, por ejemplo. En cambio, se atribuyen crecientemente a usos recreativos como el tráfico de botes, la pesca y el buceo, las causas de los cambios en la estructura de la comunidad.

TONI PARRAS



causalidad empírica entre los cambios en la composición de la comunidad y/o la estabilidad y la implementación de un AMP constituye un gran reto mas, no obstante, si dicha causalidad pudiera establecerse, sería decisiva para el mejoramiento de la utilización y la réplica de un AMP.

Este indicador es uno de los indicadores biofísicos más desafío presenta para su medición. Los métodos para medirlo son relativamente sencillos y fáciles de utilizar con tan solo un nivel básico de capacitación y experiencia. Sin embargo, debido al

Recuadro B5 (cont.)

Cambios observados en la composición de las comunidades de peces de arrecifes de coral en Sian Ka'an en los últimos diez años

	Pedro Paila		Yuyum
	arrecife posterior	borde del cresta arrecifa	
RIQUEZA DE ESPECIE			
1991	33	23	31
1996	24	30	26
1997	15	41	29
1998	11	20	28
1999	20	27	18
2000	-	19	15
2001	-	15	16
2002	14	15	10
DENSIDAD (individuos/m ²)			
1991	0.90	0.39	0.60
1996	2.78	7.95	1.75
1997	0.80	2.85	5.43
1998	1.18	1.08	14.13
1999	0.38	1.13	0.60
2000	-	0.60	1.13
2001	-	0.93	0.98
2002	1.80	0.65	2.23
DIVERSIDAD (H)			
1991			
1996	2.2836	1.3274	2.7996
1997	2.3257	2.9356	2.1094
1998	1.3143	2.1973	0.5419
1999	1.7670	2.1341	0.8862
2000	-	2.4166	2.4585
2001	-	2.1214	2.3013
2002	1.7489	1.9241	0.8390
PROPORCIONALIDAD (J)			
1991			
1996	0.8060	0.4592	0.9196
1997	0.9699	0.8810	0.6474
1998	0.5708	0.8326	0.2181
1999	0.9081	0.8320	0.9071
2000	-	0.9422	0.9079
2001	-	0.7834	0.9261
2002	0.6627	0.8757	0.3644

alcance de la recolección de datos de este indicador, una comprensión amplia y exhaustiva de la composición y la estructura de la comunidad requerirá una inversión mucho mayor de tiempo y esfuerzo de parte del equipo, así como recursos financieros por encima de lo que se necesita para un monitoreo simple de la abundancia y estructura de las poblaciones de especies clave seleccionadas. Más allá de la recolección de datos, este indicador también requiere una complejidad analítica e interpretativa mucho mayor. Esto conlleva asimismo un nivel más alto de incertidumbre respecto de una precisa interpretación de resultados y la obtención de conclusiones válidas. Ante estos requerimientos mayores, existe el riesgo de que este indicador se vea como una prioridad secundaria en cuanto a la recolección de datos sobre efectividad de la gestión cuando, en realidad, es de importancia principal, dadas las metas y objetivos prioritarios del AMP.

Debe también señalarse que la comparación de los resultados de la composición de la comunidad entre un área administrada (es decir, dentro del AMP) frente a las áreas adyacentes, no administradas que atraviesan cambios tanto naturales como causados por los seres humanos podría ser difícil de interpretar con exactitud debido a los efectos de "un punto de partida variable". Este efecto consiste en que los ámbitos de los cambios en la estructura y composición de la comunidad que ocurrirían naturalmente en el AMP si ésta no estuviera experimentando la intervención del manejo humano no se detectan o se confunden como "disminuciones" de los cambios observados en áreas contiguas que carecen de gestión. Las consecuencias de este efecto pueden llevar a interpretaciones y conclusiones erróneas al comparar referencias bibliográficas y datos de tratamiento (AMP). Dados estos potenciales problemas, sería sabio recoger de 5-10 años de datos, en vez de dos o tres, antes de intentar interpretar los resultados.

Bibliografía y enlaces de Internet útiles

- Done, T.J., Ogden, J.C., Wiebe, W.J., Rosen, B.R. (1996). "Diversity and ecosystem function of coral reefs". En H.A.Mooney, J.H. Cushman, E. Medina, O.E. Sala, E.D. Schulze (eds.), *Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective*. SCOPE 55. John Wiley & Sons, Chichester, RU. pp. 393-423.
- Green, D.G., Bradbury, R.H. y Reichelt, R.E. (1987). "Patterns of predictability in coral reef community structure". *Coral Reefs* 6: 27-34.
- Schoener, T.W. 1968. "Sizes of feeding territories among birds". *Ecology* 49: 123-141.



NOAA PHOTO LIBRARY

Métodos

- English, S., Wilkinson, C. y Baker, V. (eds.) (1997). *Survey Manual for Tropical Marine Resources. 2da Edición*. Australian Institute for Marine Science, Townsville, Queensland, Australia.
- Samoilys, M. (ed.) (1997). *Manual for Assessing Fish Stocks on Pacific Coral Reefs*. Training Series QE9700. Department of Primary Industries, Queensland, Australia.

Composición de la comunidad de peces

- Helfman, G.S. (1978). "Patterns of community structure in fishes: summary and overview". *Env. Biol. Fish.* 3: 129-148.
- Sale, P.F. y Douglas, W.A. (1981). "Precision and accuracy of visual census technique for fish assemblages on coral patch reefs". *Environmental Biology of Fishes* 6:333-339.
- Sale, P.F. y Douglas, W.A. (1984). "Temporal variability in community structure of fish on coral patch reefs, and the relation of community structure to reef structure". *Ecology* 65:409-422.
- Sale, P.F. (ed.) (1991). *The ecology of fishes on coral reefs*. Academic Press, San Diego, CA, EEUU.

Diversidad

- Banco Mundial (1998). *Guidelines for Monitoring and Evaluation for Biodiversity Projects*. Environment Department Paper N° 65. Global Environment Coordination, Banco Mundial, Washington, DC, EEUU.
- Connell, J.H. (1978). "Diversity in tropical rain forests and coral reefs". *Science* 199: 1302-1310.

Dallmeier, F. (1996). "Biodiversity inventories and monitoring: essential elements for integrating conservation principles with resource development projects". En R.B. Szaro y D.W. Johnston (eds.), *Biodiversity in Managed Landscapes: Theory and Practice*. Oxford University Press, Nueva York, NY, EEUU. pp 221-236.

Magurran, A.E. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, Princeton, NJ, EEUU.

Reid, W.V., McNeely, J.A., Tunstall, D.B., Bryant, D.A. y Winograd, M. (1993). *Biodiversity Indicators for Policy-Makers*. The World Resources Institute y IUCN. The World Resources Institute, Washington, DC, EEUU.

Monitoring and Assessment of Biodiversity Program (2002). Conservation and Research Center of the National Zoo's of the Smithsonian Institution. [URL en línea: www.si.edu/simab/]

Saunders, D., Margules, C. y Hill, B. (1998). *Environmental Indicators: Biodiversity*. Australia State of the Environment Indicator Report. Environment Australia, Canberra, Australia.

Simpson, E.H. (1949). "Measurement of diversity". *Nature* 163: 688.

Szaro, R.B. y Johnston, D.W. (eds.) (1996). *Biodiversity in Managed Landscapes: Theory and Practice*. Oxford University Press, Nueva York, NY.

¿Qué es 'éxito de reclutamiento dentro de la comunidad'?

El éxito de reclutamiento en la comunidad es el grado de siembra y asentamiento de larvas, y de reclutamiento y supervivencia de juveniles, experimentado en las diversas poblaciones de organismos que existen dentro de una comunidad. Se considera que el grado de éxito de reclutamiento sirve como un sustituto de la capacidad de la comunidad de persistir en el tiempo y ser viable (es decir, la probabilidad de permanencia continua). Mediante la observación de los cambios en el éxito de reclutamiento, esto puede ayudar a describir cómo están cambiando o podrían cambiar las relaciones entre las poblaciones de la comunidad. Por lo tanto, este indicador pretende brindar cierta reflexión al evaluar la probabilidad de que una comunidad de organismos se mantenga a través del tiempo.

Este indicador se usa para medir los cambios en los niveles de reclutamiento de poblaciones múltiples en una comunidad, con el objeto de entender mejor cómo le va a la comunidad en general. No se espera que el éxito de reclutamiento pueda ser monitoreado para todas las poblaciones de especies que se dan dentro de la comunidad. Se espera que a partir de la recolección de datos para este indicador, los administradores y demás profesionales del AMP puedan mejorar su capacidad de predecir si la diversidad y cantidad de reclutas supervivientes observados en la comunidad indican la recuperación de la comunidad hacia lo que ésta era antes de su exposición a la amenaza, o si los reclutas indican o no que la comunidad está siendo meramente mantenida o quizás degradada. En este sentido, intenta ser un indicador dinámico, que sirva como un indicador que predice las tendencias que se dan en la comunidad más que una simple 'fotografía instantánea' de la forma en que está compuesta y estructurada (indicador B4). Sin embargo, reconociendo las naturales fluctuaciones del reclutamiento y la variabilidad de la población estacional, el indicador debe ser considerado desde una perspectiva de largo plazo.



Como la composición y la abundancia relativa de especies dentro de una comunidad son en parte función de la capacidad de una comunidad de repoblar sus poblaciones constitutivas, este indicador está estrechamente relacionado y asociado con el indicador B4.



Este indicador se usa a veces como sustituto para indagar sobre la salud del ecosistema (B3, B4) y la integridad de la trama trófica (B6). Es, por lo tanto, muy significativo para los administradores que se interesan en mantener la función y autosustentabilidad de los ecosistemas mediante el AMP.

Este indicador apunta a posibilitar la rápida recolección de información sobre muchas poblaciones de especies (incluyendo las especies clave) de la comunidad en todos los tipos o zonas de hábitats relevantes, no se espera realísticamente que mida todas las poblaciones que se den dentro de la comunidad. Este indicador se centra en la medición de la regularidad (periodicidad) y la medida del asentamiento larval y reclutamiento de las especies en general así como en los índices de supervivencia de juveniles en muchas poblaciones de la comunidad. No mide la verdadera capacidad reproductiva o su viabilidad.

¿Por qué medirlo?

Si bien la composición y estructura de una comunidad sirven para brindar una comprensión periódica o estática de la salud y el estado general de la comunidad y su ecología, este indicador intenta servir como una medida dinámica o sustituta del potencial de una comunidad y su resistencia o autosustentabilidad ecológica. Por ejemplo, no basta con argumentar que una comunidad es saludable y que ésta será resistente o autosustentable solo sobre la base de una composición de la comunidad estable y balanceada. Los administradores deben también tener una comprensión del potencial que tiene dicha comunidad para persistir, de acuerdo a la regularidad de sus eventos de desove y reclutamiento, la adecuada abundancia de reclutas en todas las poblaciones de la comunidad, y la supervivencia de una cantidad adecuada de dichos reclutas hasta tallas adultas. En este aspecto, este indicador es un corolario del nivel de la comunidad para el indicador B2.

Se relaciona con las metas y objetivos

META 1

1B 1E

META 2

2A

META 4

4A 4B

4C

B5

Índice de dificultad
5
1-5

TONI PARRAS



Requisitos

- Los mismos requisitos y equipamiento que para los indicadores B2 y B4.
- El equipamiento necesario para realizar la recolección no específica de juveniles y repoblados, incluyendo redes de arrastre, chinchorros y redes agalleras o de enmalle.
- Una lista de todas las especies de la comunidad que necesiten ser estudiadas (a partir de B4).
- Conocimiento de las etapas de asentamiento larval de las especies del caso.
- Conocimiento de cómo identificar visualmente las etapas larvales y los juveniles de las especies del caso.
- Conocimiento de la biología reproductiva y el proceso de reclutamiento de las especies del caso.
- Conocimiento de los patrones de asentamiento larval dentro de la comunidad.
- Conocimiento de las áreas de reclutamiento conocidas localizadas dentro de la comunidad.
- Conocimiento de las etapas de asentamiento larval y las áreas de reclutamiento de los representantes juveniles de la comunidad.
- Conocimiento de las estaciones de los eventos de reproducción (medición temporal) y las locaciones de desove.
- Una idea de los patrones y procesos básicos oceanográficos en tanto se relacionan a los efectos físicos causados a la distribución y los patrones de importación y exportación de larvas.
- Boyas pequeñas o boyas simples (para monitorear patrones oceanográficos).

Cómo recoger los datos

Este es uno de los más complejos y avanzados indicadores de la efectividad de la gestión que ofrece este manual. Por otra parte, existe un amplio debate acerca del uso y la confiabilidad de los datos de reclutamiento para interpretar la salud ecológica debido a la alta variabilidad espacial y temporal asociada con el reclutamiento. En tal sentido, la medición de este indicador debería ser hecha solo por personas altamente calificadas y dentro de comunidades biológicas únicas que alberguen numerosas especies clave, representen a comunidades raras o amenazadas, y/o confronten un grado agudo de estresores humanos.

Si bien constituye un gran desafío y el intentarlo es algo controversial, el éxito del reclutamiento puede estudiarse mediante los siguientes parámetros: a) la presencia y abundancia relativa de categorías de talla relevantes (reclutas/juveniles y adultos reproductores) de las poblaciones de la comunidad, b) el potencial y la regularidad de los eventos de reproducción o desove, y c) el potencial y la regularidad de los eventos de asentamiento y reclutamiento. Debido al hecho de que el éxito del reclutamiento es también una función de la siembra y la dispersión larval, podría requerirse asimismo tomar en cuenta esta característica para la comprensión cabal del potencial de reclutamiento.

Si se decidiera intentar trabajar con este indicador, la recolección de datos mínima que se recomienda es la captación de información de las categorías de talla de especies clave de la comunidad estudiada, con una concentración particular en juveniles y reclutas. Los métodos de estudio usados para muestrear las especies (abundancia relativa y categorías de tamaño) en toda la comunidad son los mismos que los descritos para el estudio in situ bajo el indicador B2. La recolección de datos de la distribución de edades de todas las especies de la comunidad no es obligatoria bajo este indicador, aunque tal información podría recogerse concurrentemente con el indicador B2.

Óptimamente, debería estudiarse la estructura de categorías de talla y edades de muchas especies de la comunidad. El muestreo de la comunidad se abordó previamente bajo el indicador B4. Debe registrarse la abundancia relativa y las tallas de los individuos (juveniles) de todas las especies capturadas en el estudio de reclutamiento. Asumiendo que se conoce algo de la biología reproductiva básica de los miembros de la comunidad, los resultados de la estructura de categorías de talla sirven también para calcular la abundancia de los individuos juveniles versus los adultos de todas las especies de la comunidad y empezar a construir un perfil a través del tiempo de las tasas de supervivencia de los reclutas y juveniles hasta etapas adultas.

El monitoreo de la regularidad y el alcance de eventos conocidos de desove y reclutamiento también debería realizarse bajo este indicador. Para las especies clave, es conveniente realizar visitas a las locaciones conocidas de desove y estudios de estimación de la biomasa de desove. Asimismo, la validación de la ocurrencia de estos eventos debe demostrarse mediante:



La recolección de datos para obtener información sobre la talla de los reclutas y juveniles de las especies clave bajo este indicador puede hacerse concurrentemente con la del indicador B2.

- la recolección *in situ* de desove (huevos y esperma) durante y después de los eventos de desove conocidos en sitios de congregación, y
- la recolección de bajo impacto *in situ* (por ejemplo, trampas de luz, placas/losas de recolección, estaciones en la columna de agua) de las larvas asentadas y de reclutas establecidos en centros conocidos de reclutamiento/ asentamiento (por ejemplo, comunidades de manglares y pasto marino).

Bajo este indicador no se mide el reclutamiento a través de la reproducción asexual (por ejemplo, la fisura de invertebrados de cuerpo blando o la fragmentación y crecimiento de arrecifes de coral).

La colocación de pequeñas balsas y boyas puede ayudar a rastrear el movimiento del agua durante y directamente después de los eventos de desove para dar un indicio de hacia dónde se dirigen los huevos y larvas. Los actuales medidores desplegados en relación a la actividad de las mareas pueden ser útiles para hacer predicciones diarias o por estación de la periodicidad del desove.

Pueden usarse estaciones de censo visuales fijas o nadados medidos (usando esnórquel o SCUBA) para registrar juveniles post-asentamiento a la vez que se recolecta datos de otro indicador (del uno al tres), dependiendo de la especie y su historia vital. Los pasos específicos que se dan al emprender un estudio de captura de juveniles/reclutas y las técnicas de recolección de desove están documentados en otras obras (ver English *et al.*, 1997, para un buen punto de partida). También hay disponible bibliografía para la identificación de las etapas larvales y post-larvales de muchas especies. Si bien es posible realizar estudios más sofisticados sobre asentamiento larval y sobre reclutas, estos conllevarían mucho tiempo y esfuerzo de trabajo y, por

TONI PARRAS



ende, no se consideran como requisitos mínimos para la recolección de datos bajo este indicador.

Observe que el uso de redes de arrastre, chinchorros y redes agalleras o de enmalle para recolectar reclutas/juveniles probablemente llevará a la mortalidad indiscriminada (no específica) y puede considerarse destructivo. Por lo tanto, estas técnicas de muestreo podrían no estar permitidas o ser adecuadas para el uso habitual bajo un protocolo de monitoreo sustentable.

Observe que los sitios de congregación y desove de los peces suelen presentarse en locaciones discretas que podrían o no estar comprendidas dentro del área demarcada por la AMP. Si hay un sitio conocido contiguo a la AMP o en el área general, será importante monitorearlo, pues es probable que los peces del AMP migren al sitio de congregación en ciertos momentos del año para desovar allí y luego regresen al territorio de su rango habitacional dentro de la AMP.

Los datos deben ser recolectados al menos con una frecuencia anual, e idealmente deben ser medidos para coincidir con la culminación de la recolección de los indicadores B2 y B4. La programación de la recolección de datos dependerá en gran medida de la periodicidad y frecuencia conocidas de los eventos de desove y reclutamiento.

Con este indicador también es posible medir estudios biológicos más avanzados del potencial de reproducción (biología reproductiva) o de desove (conductual reproductivo). Tales métodos requerirán significativamente más esfuerzo de trabajo, finanzas y tiempo que los estudios discretos sobre categorías de talla y establecimiento de juveniles y sobre patrones de reclutamiento en especies clave seleccionadas dentro de la comunidad.

Cómo analizar e interpretar los resultados

Recopile, ingrese y administre los datos reunidos dentro de la base de datos de efectividad del monitoreo del AMP. Cree un perfil comunitario de la abundancia relativa de cada población de especie observada dentro de la comunidad y qué proporción de individuos observados de cada especie son juveniles versus adultos. Grafique la abundancia relativa (eje y) de los juveniles versus los adultos (eje x), usando datos de clases de talla para distinguir entre las especies observadas y muestreadas dentro de la comunidad. ¿Hay más o menos juveniles y adultos reproductores presentes en todas las poblaciones representadas que los anteriormente observados? Correlacione la información de estos hallazgos con los resultados del indicador B2. Rastree la distribución de edades (juveniles versus

adultos) y la abundancia relativa de especies observadas a través del tiempo.

Redacte los resultados y la interpretación para su divulgación entre el público. Presente los resultados oralmente, usando gráficos y tablas, y discuta con usuarios seleccionados, personas responsables de la toma de decisiones y pares. Estimule la validación independiente de los resultados por parte de terceros dentro del área muestreada, para confirmar o rechazar los hallazgos y mejorar el entendimiento de los efectos de la acción de la gestión en el área. Asegúrese de incluir historias o anécdotas que ilustren los resultados observados entre los usuarios.

Hablando en general y considerando todos los aspectos por igual, un número adecuado y estable de juveniles supervivientes y de adultos reproductores en todas las poblaciones de la comunidad incrementará la capacidad de la comunidad de ser viable a través del tiempo. ¿En qué nivel experimentan un descenso en la comunidad los reclutas supervivientes de las poblaciones estudiadas den-

Productos

- Un perfil de la abundancia relativa de reclutas/juveniles de la comunidad después de eventos conocidos de asentamiento larval y reclutamiento de juveniles.
- Un perfil resumido de la contribución de las categorías de talla de inmaduros (juveniles) versus maduros (adultos reproductores) a cada especie observada dentro de la comunidad.
- Una confirmación de la frecuencia de eventos de desove conocido y un estimado de la biomasa de desove.
- Un estimado del potencial reproductivo y la resiliencia de la comunidad en el futuro cercano.
- Un perfil de la biomasa de huevos, esperma y larvas liberados durante dichos eventos.

Productos opcionales

- Estructura de la distribución de edades (mediante el análisis de otolito) en todas las poblaciones de especies existentes en la comunidad.
- Un perfil del potencial reproductivo (incluyendo el éxito del desove y un estimado del producto reproductivo) de las especies existentes en la comunidad.
- Un mejor entendimiento de la biología reproductiva y el comportamiento de desove de las especies de la comunidad.

tro del AMP (disminuciones del número de reclutas en una mayoría de las poblaciones estudiadas)? ¿Cómo han cambiado la periodicidad, la frecuencia y el producto de los eventos de desove y reclutamiento observados?

Describa cualitativamente (probabilidad baja, sin predicción, o alta) y/o cuantitativamente (probabilidad basada en el potencial reproductivo en todas las especies de la comunidad) si la comunidad parece ser viable en el futuro. De no ser así, ¿cómo pueden estos resultados brindar información para la toma de decisiones del manejo adaptativo, con el fin de encarar estas preocupaciones?

Finalmente, presente los resultados de abundancia relativa (número / densidad) de las tallas de reclutas y juveniles generados del estudio de reclutamiento y discuta cómo se comparan estas cifras con observaciones anteriores.

Fortalezas y limitaciones

Este es un indicador complejo de medir. El culminar la recolección de datos de clase de talla y reclutamiento a través de muchas especies de la comunidad (índice de dificultad 5) requerirá considerablemente más tiempo, habilidades, equipo y recursos financieros que el estudio de un grupo seleccionado de especies clave de la comunidad (índice de dificultad 4). En cualquiera de los casos, será necesario un equipo de evaluadores adecuadamente preparado. Si no hay disponible un equipo adecuadamente calificado de personas dentro del equipo de gestión del AMP, las universidades y los centros de investigación podrían estar en mejor posición para ayudar a desarrollar una alianza para la recolección de datos y capacitar al personal del AMP en técnicas de estudio. Tales especialistas necesitarán cumplir a cabalidad con los requisitos enunciados de conocimientos, equipamiento y habilidades.

Más aun, el valor de los estudios de reclutamiento tipo 'instantánea' está altamente cuestionado, ya que se sabe que los datos generados son altamente no confiables debido a su incapacidad de considerar en perspectiva los notorios efectos de la variabilidad temporal y espacial. Aunque se halle que son confiables, los resultados de las tasas de reclutamiento de juveniles y de la regularidad de desove podrían no bastar para proporcionar confiadamente una interpretación completa o exacta del potencial reproductivo de una comunidad de organismos. Se requerirán muchos años de recolección de datos para extraer con confianza conclusiones relativas al éxito de los reclutamientos.

Las técnicas de estudio de reclutamiento que usan redes, chinchorros y redes de arrastre pueden llevar a la mortalidad indiscriminada y, por lo tanto, deben ser evitados, reducidos al mínimo, o realizados con mucho cuidado, a fin de no ser tan destructivos.

Dicho lo anterior, se debe comentar que este indicador a veces se considera como la sugerencia más precisa respecto a la manera en que el administrador puede estimular un entendimiento más cabal de la naturaleza dinámica de la ecología y el potencial reproductivo de la comunidad

Bibliografía y enlaces de Internet útiles

Introducción, incluyendo temas de variabilidad

- Caley, M.J., Carr, M.H., Hixon, M.A., Hughs, T.P., Jones, G.P. y Menge, B.A. (1996). "Recruitment and the local dynamics of open marine populations". *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 477-500.
- Carr, M.H. (1991). "Habitat selection and recruitment of an assemblage of temperate zone reef fishes". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 126: 59-76.
- Doherty, P.J. (1991). "Spatial and temporal patterns in the recruitment of a coral reef fish". En P.F. Sale (ed.), *The Ecology of Fishes on Coral Reefs*. Academic Press, San Diego, CA, EEUU. pp. 261-293.
- Sale, P.F. (1999). "Recruitment in space and time". *Nature* 397: 25-26.
- Sale, P.F., Doherty, P.J., Eckert, G.J., Douglas, W.A. y Ferrell, D.J. (1984). "Large scale spatial and

temporal variation in recruitment to fish populations on coral reefs". *Oecologia* (Berlín) 64: 191-198.

Victor, B.C. (1983). "Recruitment and population dynamics of a coral reef fish". *Science* 219: 419-420.

Walters, C.J. y Collie, J.S. (1989). "Is research on environmental effects on recruitment worthwhile?" *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 1848-1854.

Williams, D. McB., Russ, G. y Doherty, P.J. (1986). "Reef fish: large-scale distribution and recruitment". *Oceanus* 29: 76-82.

Estudio de juveniles

English, S., Wilkinson, C. y Baker, V. (eds.) (1997). *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. 2da Edición. Australian Institute for Marine Science, Townsville, Queensland, Australia.

Estudio de larvas

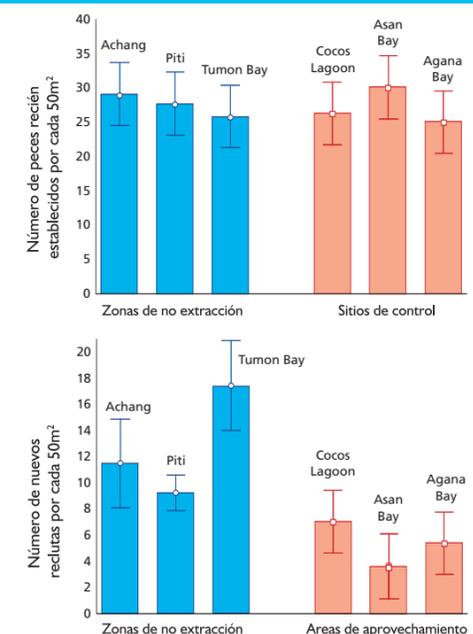
Choat, J.H., Doherty, P.J., Kerrigan, B.A. y Leis, J.M. (1993). "Sampling of larvae and pelagic stages of coral reef fishes: a comparison of towed nets, purse seine and light-aggregation devices". *Fishery Bulletin* 91: 195-201.

Doherty, P.J. (1987). "Light-traps: selective but useful devices for quantifying the distributions and abundances of larval fishes". *Bulletin of Marine Science* 41: 423-431.

Recuadro B6

EJEMPLO TOMADO DEL TERRENO

En el 2002 se realizaron estudios del salmonete *Mulloidichthys flavolineatus* y otros peces de arrecifes de coral recientemente establecidos dentro y fuera de reservas marinas localizadas en Guam. Los peces observados se enumeraron a lo largo de cuatro transectos repetidos de 25 x m² en cada sitio del estudio (se usó estos transectos menores, de 50 m², porque los peces recién establecidos son pequeños y a menudo crípticos, y se requiere tiempo adicional para obtener un conteo exacto). Tres meses después, el equipo evaluador revisó los transectos y realizó conteos repetidos de los reclutas supervivientes que se sabía caían dentro de un rango específico de talla después de tres meses de un periodo de crecimiento. Los resultados indican que pese a que las tasas de establecimiento del *M. flavolineatus* son indistinguibles entre sitios de muestreo (ANOVA de distribución jerárquica, $F = .04$, $p = 0.840$; ver Figura de la izquierda), tres meses después, el éxito del reclutamiento era significativamente menor dentro de las áreas de cosecha ($F = 9.5$, $p = 0.004$; ver Figura de la derecha). Esta diferencia puede explicarse en parte por el hecho de que el salmonete recientemente establecido es una captura valiosa para los pescadores del lugar, quienes prefieren comer ejemplares juveniles. En consecuencia, las menores tasas de éxito del reclutamiento fuera de las reservas se deben en parte a la presión pesquera.



▲ La tasa de establecimiento observada (arriba) y el éxito de reclutamiento (abajo) del salmonete experimentados a lo largo de varios meses en sitios protegidos (azul) versus no protegidos (rojo) muestreados en Guam.

Se relaciona con las metas y objetivos

META 1

1B 1C
1D

META 2

2B

META 3

3A 3B

META 5

5A

B6

Índice de dificultad
5
1-5

¿Qué es 'integridad de la trama trófica'?

Una **trama trófica** es una representación del flujo de la energía que atraviesa las poblaciones de una comunidad. La trama o 'red' de relaciones de esta representación ilustra las muchas cadenas tróficas distintas pero interconectadas, o secuencias lineales de los organismos que indican artículos de presa y las relaciones predatorias entre ellos. Una pequeña proporción de la energía almacenada por la biomasa en una posición de la cadena trófica es trasladada al siguiente **nivel trófico** (posición en la cadena trófica) cuando esta biomasa es consumida.

La **integridad de la trama trófica** es una medida de cuán autosustentables (para los miembros de la comunidad) y cuán confiables son las relaciones tróficas dentro de las cadenas tróficas interconectadas de una comunidad. Cuando una trama trófica pierde su integridad, indica que las relaciones entre niveles tróficos han sido perturbadas o se han perdido. Esto puede ocurrir, por ejemplo, si una especie de la trama trófica es erradicada por la cosecha excesiva, cambiando o eliminando así las relaciones alimenticias que dependían de su posición en la trama trófica – es decir, ocurre una eliminación de su influencia en los bienes de presa y el retiro de su biomasa para los depredadores que dependían de alimentarse de ella. Es importante señalar que aunque una trama trófica sea estable, ello no necesariamente significa que ésta sustente la comunidad en general o que sea un estado deseable de relaciones depredador-presa.

La posición trófica en una cadena trófica es una clasificación funcional y no está determinada por

la taxonomía (aunque puede usarse la filogenia para hacer predicciones sobre la función trófica). El concepto de relación trófica permite que emerja una perspectiva jerárquica dentro de la ecología comunitaria. En el nivel más básico, los individuos tienen posiciones dentro de tramas tróficas ya sea como productores (organismos fotosintéticos) o consumidores. Los consumidores pueden ser catalogados en mayor detalle como herbívoros (se alimentan de productores), carnívoros (se alimentan de herbívoros y/o de otros carnívoros), o detritívoros o descomponedores (se alimentan de materia orgánica descompuesta o en vías de descomposición). A su vez, grupos de individuos en la misma posición trófica forman 'grupos' funcionales dentro de la comunidad (por ejemplo, peces herbívoros o depredadores superiores). Finalmente, la red de grupos funcionales y cadenas tróficas culmina en un gran equilibrio de intercambio de energía y biomasa que conforma un eco-sistema. Este nivel máximo, donde el intercambio de energía y la biomasa contenida en el ecosistema se manifiesta en una trama trófica, es el que este indicador intenta evaluar y monitorear.

¿Por qué medirla?

Las AMPs albergan ecosistemas individuales o múltiples, incluyendo sus comunidades constitutivas de organismos y tramas tróficas. Un ecosistema saludable y estable es el que puede sostener el flujo de energía entre los niveles tróficos dentro de una trama trófica. Por lo tanto, el describir las relaciones alimenticias entre las poblaciones de organismos de la comunidad es un rasgo esencial del manejo efectivo de un AMP.

Cuando se eliminan posiciones en la trama trófica (por ejemplo, a causa de la pesca excesiva), las relaciones tróficas se pierden o se ponen en riesgo, y el ecosistema puede sufrir un desbalance y efectos en cascada negativos para toda la trama trófica. Medir, entender y monitorear dichos cambios a través del tiempo es importante para evaluar los impactos de una gestión efectiva de AMP en ecosistemas costeros. Asimismo, detectar cambios en las relaciones tróficas y observar disminuciones de la integridad de la trama trófica puede servir como una señal de 'advertencia temprana' para que los administradores predigan relaciones tróficas problemáticas, reparen las condiciones ecológicas en deterioro, e incrementen los esfuerzos de la gestión

◀ **Un cazador de tiburones cerca de Bohol, Filipinas, en 1997. La extirpación sistemática de depredadores superiores como los tiburones puede acarrear impactos adversos 'en cascada' que descienden por la cadena trófica de organismos y amenazan la integridad total de la trama trófica.**

en dicha área. En tal sentido, puede ser útil al diagnosticar variaciones ecológicas de gran escala.

Uno de los servicios potenciales más importantes que las AMPs pueden brindar es el restablecimiento de las condiciones naturales y las relaciones depredador-presa. Este indicador puede usarse para documentar evidencias complementarias de progreso hacia el logro del restablecimiento de dichas condiciones naturales y puede ser una herramienta poderosa para demostrar y caracterizar cómo estas relaciones alimenticias naturales existen donde (como suele ser el caso) no hay disponible dicha información de base. Dado que entendemos solo unas cuantas redes alimenticias del medio ambiente marino, el potencial de conocimiento que se aporte es muy importante. Por lo tanto, este indicador también intenta recoger evidencias de relaciones de tramas tróficas restauradas o fortalecidas, y no solo detectar el momento en que las relaciones alimenticias se desvirtúan.

El detectar cambios en las relaciones de la trama trófica proporciona a los administradores la oportunidad de resaltar dichos cambios públicamente, investigar su origen, y determinar si son resultado de actividades que ocurren dentro o fuera del AMP. En el caso que los cambios se encuentren dentro del control o la influencia política o legislativa del administrador, esta detección puede brindar la oportunidad de conciliar o encarar las causas del cambio. Sin embargo, en algunos casos, los cambios en la trama trófica observados dentro del AMP pueden deberse a influencias exógenas (externas) que se encuentran lejos del control de los administradores del AMP y/o no estar relacionadas con las metas y objetivos del AMP. Por ejemplo, la mayor depredación que afecta a las poblaciones clave amenazadas de nutria de mar en un AMP por parte de la orca, puede identificarse como resultado de la sobrepesca utilizando redes de cerco para capturar poblaciones de peces presa de la orca, a cientos de millas de distancia del AMP. En tales casos, tomar conciencia de que las relaciones alimenticias cambiantes se deben a factores externos puede:

- Proveer a los administradores el conocimiento y protección necesarios para hacer frente a críticas injustificadas sobre el desempeño del AMP debido a los cambios que se observan en el AMP; y
- Proveer una oportunidad de hacer cabildeo para la reconciliación más allá de la jurisdicción y las metas del AMP.

En este sentido, dichas influencias externas en las relaciones alimenticias pueden ayudar a los administradores del AMP como las acciones externas y no relacionadas con el AMP, tienen efectos directos en la efectividad de la gestión del AMP. Esto puede ayudar a los administradores a identi-

Requisitos

- Los mismos requisitos que los enumerados para el indicador B1.
- Conjunto de balanzas (escala en gramos).
- Conocimiento de las especies presentes en la comunidad o ecosistema.
- Entendimiento de las relaciones depredador-presa entre las especies residentes.
- Una calculadora.
- Habilidades matemáticas.
- Avanzados: habilidades de modelación matemática y ecológica; acceso a una persona que pueda consultar con el equipo evaluador y esté familiarizado con las técnicas de medición y análisis usados; acceso a software de modelación trófica matemática.

ficar cómo distribuir (o redistribuir) los recursos humanos, financieros y de políticas hacia otras intervenciones externas con el objeto de mejorar la salud del área que se está protegiendo. Habiendo dicho esto, es importante determinar la escala de las evidencias recogidas para este indicador para que se usen en encarar solo las interrogantes / temas relevantes a la escala en que se están preguntando / planteando. Por ende, los cambios en las relaciones alimenticias que se derivan de escalas más elevadas de cambio ecológico (por ejemplo, el cambio climático global) están más allá del ámbito del AMP o su capacidad de influir en dichas relaciones y deben identificarse como tales.

Por último, en teoría las tramas tróficas poseen características que les permiten ser consideradas excelentes descriptores ecológicos (Winemiller, 1990). En consecuencia, la integridad de la trama trófica se considera un determinante de la salud y funcionalidad del ecosistema, ambos, parámetros difíciles de demostrar concretamente. Por ende, el ilustrar una trama trófica funcional y autosustentable podría servir como aproximación a un ecosistema saludable. Por último, en teoría las tramas tróficas poseen características que les permiten ser consideradas excelentes descriptores ecológicos (Winemiller, 1990). En consecuencia, la integridad de la trama trófica se considera un determinante de la salud y funcionalidad del ecosistema, ambos, parámetros difíciles de demostrar concretamente. Por ende, el ilustrar una trama trófica funcional y autosustentable podría servir como aproximación a un ecosistema saludable.

B6



JUNGEN FREUND/NATUREPIL.COM

Cómo recolectar los datos

La recolección de datos para medir plenamente este indicador no es una tarea discreta o fácilmente accesible. No obstante, como un punto de partida posible (o como mínimo) puede iniciarse un proceso descriptivo de recolección de datos. Para llevar esto a cabo, el equipo debe realizar entrevistas y conducir conversaciones de grupos focales con personas enteradas (por ejemplo, científicos investigadores, pescadores, personal científico de AMP) con el fin de graficar en mapas y caracterizar (funcionalmente) los roles conocidos y los nichos que los organismos ocupan en diversos niveles tróficos, incluyendo sus múltiples relaciones depredador-presa y el cómo y el por qué éstas pueden estar cambiando a través del tiempo. Como parte de este proceso, puede hacerse un examen preciso en una sola 'cadena' (hilo discreto) de relaciones particularmente relevantes dentro de la trama trófica general, desde los ocupantes tróficos individuales o específicos en la base de la trama hasta los de niveles tróficos superiores. Esta relevancia puede deberse a un atributo biológico (como las relaciones que sustentan cadenas entre múltiples especies clave o cuyo valor ecológico de piedra angular es conocido), o a que la cadena trófica tiene alguna importancia socioeconómica (como el proveer oportunidades de sustento). La información recogida debe incluir una discusión sobre el estado de los ocupantes (especies) y las condiciones entre ellos en diversos niveles tróficos sobre la base de toda la evidencia empírica que sea posible (los datos recogidos para los indicadores B1 y B2 pueden ser útiles en este punto). Por ejemplo, podría realizarse la caracterización y modelación de la siguiente cadena de relaciones tróficas: fitoplancton – kril – peces – focas – osos polares. En este ejemplo, el monitoreo cercano de la abundancia de kril o focas y el estado de su relación trófica con los peces o los osos polares podría ser una aproximación a la integridad general de la trama trófica. El recolectar información descriptiva y empírica para caracterizar unas cuantas de estas tramas angulares, incluyendo el grado de interconexión entre ellas, obraría en sustitución de la completa caracterización de la totalidad de la trama y de todas sus relaciones tróficas constitutivas.

Alternativamente, el examen de los puntos inferior y superior de una sola cadena trófica (por ejemplo, los depredadores superiores o los productores del nivel inferior) pueden servir de fundamento para definir toda la cadena. En algunos casos, las AMPs pueden contar con el



La recolección de datos para este indicador puede lograrse armónicamente a partir de otras actividades de recolección de datos y estudios para los indicadores B1, B4 y B7.



JOHN PARIS

personal, el equipamiento, la pericia y el tiempo necesarios para caracterizar y monitorear la gama completa de posiciones y relaciones tróficas de la trama trófica de una comunidad. En tales casos, puede hacerse una evaluación más rigurosa y profunda. En primer lugar, los diversos organismos que existen en el sistema deben ser identificados y congregados en sus posiciones y niveles tróficos dentro de la trama trófica general de la comunidad. Este proceso conducirá a asignar a cada especie uno o muchos roles, incluyendo los de productores, herbívoros, carnívoros de primer nivel, carnívoros de segundo nivel, etc., hasta los carnívoros de nivel superior. Esto debe llevar a la caracterización de un conjunto completo de cadenas tróficas interconectadas entre todos los miembros de la comunidad.

A continuación, el peso promedio (g/m^2) y la biomasa relativa de las poblaciones de organismos encontrados en la comunidad deben ser directamente medidos y registrados usando la técnica de captura y liberación in situ o estudios de la captura. Es posible determinar la biomasa relativa ($g/m^2/especie$) de cada población recogiendo datos sobre el peso y la talla de los individuos observados además de calculando el área en que se hacen estas observaciones. Los registros de la biomasa promedio de las especies deben enumerarse por nivel trófico en orden ascendente. Ello puede hacerse ya sea consultando un libro de especies con los miembros del mismo nivel trófico o a partir de un estudio básico de los contenidos del tracto digestivo hallados en las especies pertinentes involucradas.

A partir de aquí, debe identificarse la abundancia relativa (cantidad) de los organismos hallados en el área y estudiados usando los datos recogidos para los indicadores B1 y B4. Entonces puede calcularse la biomasa relativa (g/m^2) de cada nivel trófico multiplicando la biomasa promedio de los individuos de una población por el número total de individuos (abundancia) observado en el nivel trófico. La biomasa total de cada nivel debe enumerarse en orden ascendente, junto con las especies que con-

forman el nivel. Observe que en algunos casos (dependiendo de los objetivos del AMP), los administradores podrían preocuparse solo de entender las relaciones alimenticias entre las especies herbívoras y carnívoras, y podrían centrar de ese modo la recolección de datos.

La recolección de datos idealmente debe ocurrir una o dos veces al año. Se recomienda un enfoque de recolección de datos de serie temporal de años alternos. Observe que ya que las relaciones y estructuras tróficas varían ampliamente según la geografía y composición de la comunidad, los datos sobre la biomasa y la abundancia deben recogerse (y analizarse – ver a continuación) en el nivel concreto del sitio y/o de la comunidad.

Cómo analizar e interpretar los resultados

En primer lugar, elabore una ilustración de la supuesta trama trófica que representa la de la comunidad. En concreto, resalte las distintas cadenas tróficas de las especies observadas y las interconexiones entre estas cadenas tróficas. Asimismo, identifique y reúna los diversos organismos en posiciones y niveles tróficos de la trama trófica: es decir, productores, herbívoros, carnívoros de primer nivel, carnívoros de segundo nivel, etc.

Luego, usando los resultados totales de biomasa obtenidos para cada nivel trófico observado en la trama trófica, determine las razones (o proporciones) tróficas entre los niveles y asigne escalas. La razón trófica es la relación de los valores de biomasa entre los diferentes niveles tróficos (por ejemplo, la razón productor:herbívoro o la razón productor:carnívoro terciario (Arias-González, 1998).

Entonces, asigne niveles tróficos, ya sea con escalas de números enteros (1, 2, 3...) o con fracciones (1.3, 2.7, etc., según se determine mediante un promedio ponderado de los niveles tróficos de las presas) en grupos tróficos específicos de las comunidades existentes en (el) (los) ecosistema(s) (ver Lindeman, 1942; y Odum y Heald, 1975). Un buen resumen de los pasos específicos a dar para la asignación de niveles tróficos puede hallarse en Christensen y Pauly (1992).

Ahora es posible calcular un índice del nivel trófico (TLI) bien simple ponderando el nivel trófico tanto en números enteros como en fracciones con la biomasa del nivel trófico. Por ejemplo, en un sistema que se caracteriza como 30% herbívoro (nivel trófico = 1), 40% carnívoro de primer nivel (nivel trófico = 2), y 30% carnívoro de segundo nivel (nivel trófico = 3), el TLI será: $1 (0.30) + 2 (0.40) + 3 (0.30) = 2$. La eficiencia ecológica es el porcentaje de biomasa

Productos

- Un perfil descriptivo de las relaciones y estado trófico entre los miembros de al menos una sola cadena trófica dentro de la trama trófica general.
- Una ilustración de la trama trófica y las cadenas tróficas interconectadas.
- Un perfil de las especies promedio y de la biomasa relativa, agrupadas por nivel trófico.
- Un perfil de la biomasa total de los niveles tróficos observados.
- Una lista de razones o tasas tróficas entre niveles para ser monitoreadas a lo largo del tiempo.
- Un índice de la estructura trófica.

producida por un nivel trófico que se incorpora en la biomasa del siguiente nivel trófico superior. Por lo general, éste es aproximadamente el 10% de la energía total disponible en cualquier nivel trófico. Sobre la base de esta regla, cada nivel trófico que se asigna a los grupos tróficos existentes tiene un peso de 10 veces el del nivel inferior a él. De igual o mayor importancia puede ser el hecho que refleja el avance hacia la meta enunciada de mantener la abundancia y la talla grande entre las especies de altos niveles tróficos. Elabore una tabla de los valores resultantes a fin de incrementar la asignación trófica.

Finalmente, calcule un índice de estructura trófica usando el resumen de los resultados generados hasta el momento (ver Done y Reichelt, 1998; Christensen y Pauly, 1992).

Observe los cambios y las desviaciones de la estructura/posición trófica a través del tiempo. Determine (basándose en los resultados del índice) si la trama trófica observada está o no estable, en descenso, o mejorando. Use los resultados observados para predecir las tendencias tróficas y contribuir a la toma de decisiones y asignación de prioridades. ¿Sugieren los datos que las tramas tróficas del AMP están experimentando cambios? De ser así, ¿se observan cambios indicativos de un deterioro o un fortalecimiento de la trama trófica, en términos de cuánto distan las relaciones del estado que se desea?

Se necesitarán un análisis ecológico riguroso y una modelación avanzada para confirmar o rechazar con confianza los resultados de este indicador.

Debe señalarse que existen muchas técnicas de modelación matemática más avanzadas y que están disponibles para medir la estabilidad y confiabilidad de las relaciones tróficas halladas en el ecosistema objetivo. Por ejemplo, algunos modelos permiten predecir los efectos de la explotación de las especies en niveles variables de madurez en la trama trófica general. A efectos de cumplir este indicador, no se requieren tales técnicas avanzadas de modelación, ya que al equipo del proyecto de AMP no le sería factible utilizarlas.

Fortalezas y limitaciones

Este no es un indicador fácil de medir. La recolección de datos puede insumir mucho tiempo, dependiendo del número de especies consideradas (es decir, una sola cadena de especies versus una trama trófica completa) y la complejidad y superposición entre pares y dentro de grupos de relaciones tróficas halladas en el área estudiada. Si un equipo evaluador determinare que debe medirse este indicador, el equipo deberá estar consciente que probablemente requerirá tiempo adicional para asegurar los recursos humanos y financieros necesarios para desarrollar la capacidad de medir este indicador. Dadas las dificultades de recolectar los datos para este indicador, los equipos evaluadores deben reflexionar cuán justificada está la recolección de datos para este indicador en relación con las metas y objetivos de AMP.

Crecientemente, la captura de datos sobre el peso para este indicador a primera vista puede parecer relativamente sencilla y directa, dadas las inversiones hechas en recolección de datos para los indicadores asociados (por ejemplo, B1 o B7). Sin embargo, el incremento en la inversión de tiempo requerirá más que una pequeña cantidad de tiempo y mano de obra adicionales. Sobre la base de la experiencia en el mundo real, incluso la modelación de una sola cadena alimenticia de relaciones puede insumir mucho tiempo y tornarse intensiva en mano de obra. Más aun, los datos adicionales recogidos (como el peso) no necesariamente se obtienen siempre rápida y fácilmente. Por último, se requiere un cierto nivel de comodidad y familiaridad con las matemáticas.

Todo el potencial de este indicador se logra teóricamente a través de la comparación de los datos recolectados de redes alimenticias de la AMP frente a los encontrados en ecosistemas 'prístinos'. Como las condiciones y datos bibliográficos sobre realidades 'prístinas' son difíciles de encontrar, a falta de tales puntos referenciales, este indicador pierde algo de su fuerza analítica. Por ejemplo, ya que no es posible caracterizar una trama trófica 'prístina' que se encontrara naturalmente libre de impactos humanos, ¿cómo puede definirse la restauración de

la integridad de la trama trófica en este nivel? ¿Qué redes alimenticias se considerarían 'normales' dada la actual situación del mundo?

Este indicador tiene una exactitud limitada e insuficiente inferencia más allá de los sitios y comunidades donde se modela la información trófica. A medida que se incrementa el nivel de análisis de las relaciones de la trama trófica, su exactitud disminuye significativamente. Más aun, no es posible establecer una causalidad entre los cambios tróficos observados en la trama trófica y el empleo de intervenciones de gestión (o su ausencia). El indicador puede funcionar más como una herramienta educativa e ilustrativa en torno al estado de la ecología de la comunidad gestionada que como una medida comprobada de la efectividad de la gestión.

A pesar de las limitaciones e incertidumbres, las redes alimenticias y su rol en la resiliencia del ecosistema son ahora ampliamente reconocidos como componentes críticos de áreas marinas exitosamente gestionadas. Si bien los métodos para medir este indicador aún están siendo probados, depurados y ampliados, la inclusión del tema de la integridad de la trama trófica fue ampliamente aceptada por los contribuyentes y los revisores de este manual dada su índole lo suficientemente crítica. Ello es particularmente relevante dado que el indicador es aceptado como un potencial macro-descriptor de los cambios que se dan dentro de un ecosistema y de su salud general.

Bibliografía y enlaces de Internet útiles

- Botsford, L.W., Castilla, J.C. y Petersen, C.H. (1997). "The management of fisheries and marine ecosystems". *Science* 277(5325): 509-515.
- Christensen, V. (2003). "Using Ecopath with Ecosim for ecosystem based management of fisheries". En H. Jákupsstovu (ed.), *Workshop on Ecosystem Modelling of Faroese Waters, Tórshavn, September 2002*, FRS 2003: 73-75.
- Christensen, V. y Pauly, D. (1992). "ECOPATH II - A software for balancing steady-state models and calculating network characteristics". *Ecological Modelling* 61: 169-185.
- Christensen, V. y Pauly, D. (eds.) (1993). *Trophic Models of Aquatic Ecosystems*. ICLARM Conference Proceedings 26. International Center for Aquatic Living Resources Management, Manila, Filipinas.
- Done, T.J. y R.E. Reichelt (1998). "Integrated coastal zone and fisheries ecosystem management: generic goals and performance indices." *Ecological Applications* 8 (suppl.): 110-118.
- Hutchings, J.A. (2000). "Collapse and recovery of

marine fishes". *Nature* 406(6798): 882-885.

Jackson, J.B.C., Kirby, M.X. et al. (2001). "Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems". *Science* 293(5530): 629-638.



PARKS CANADA

Jennings, S., Kaiser, M.J. y Reynolds, J.D. (2001). *Marine Fisheries Ecology*. Blackwell Science, Londres, RU.

Lindeman, R.L. (1942). "The trophic-dynamic aspect of ecology". *Ecology* 23: 399-418.

Myers, R. A. y Worm, B. (2003). "Rapid worldwide depletion of predatory fish communities". *Nature* 423: 280-283.

Odum, W.E. y Heald, E.J. (1975). "The detritus-based food web of an estuarine mangrove community". En L.E. Cronin (ed.), *Estuarine Research, Vol. 1*. Academic Press, Nueva York. pp. 265-286.

Recuadro B7

EJEMPLO TOMADO DEL TERRENO

Como la legislación canadiense enuncia claramente que la preservación de la integridad ecológica es una prioridad de la gestión marina, en el Parque Marino Saguenay-St. Lawrence en el Québec se reconoce la integridad de la trama trófica como un prerrequisito de la efectividad de la gestión. Pese a que el Parque Marino es demasiado grande y complejo para monitorear la integridad de la trama trófica de toda el área, el equipo evaluador ha sido innovador. Optaron por medir el indicador a lo largo de una de las más críticas cadenas tróficas de la trama general: desde el fitoplancton como productores, al kril como herbívoros, a los peces pelágicos como el esperlano (familia Osmeridae) y el capelín (*Mallotus villosus*) como carnívoros intermedios, hasta las ballenas beluga (*Delphinapterus leucas*) como carnívoros de máximo nivel

◀ **La ballena beluga en peligro de extinción (*Delphinapterus leucas*) es la especie de bandera del Parque Marino Saguenay-St. Lawrence. La población de St. Lawrence totaliza menos de 500 individuos.**

Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T.J., Sumaila, U.R., Walters, C.J., Watson, R. y Zeller, D. (2002). "Towards sustainability in world fisheries". *Nature* 418: 689-695.

Pauly, D., Palomares, M.L., Froese, R., Sa-a, P., Vakily, M., Preikshot, D. y Wallace, S. (2001). "Fishing down Canadian aquatic food webs". *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 51-62.

Sainsbury, K. y Sumaila, U.R. (2003). "Incorporating ecosystem objectives into management of sustainable marine fisheries, including 'best practice' reference points and use of Marine Protected Areas". En M. Sinclair y G. Valdimarson (eds.), *Responsible Fisheries in the Marine Ecosystem*. CAB International, RU. pp. 343-361.

Winemiller, K.O. (1990). "Spatial and temporal variation in tropical fish trophic networks". *Ecological Monographs* 60(3): 331-367.

Se relaciona con las metas y objetivos

META 1

1A 1C

1D 1E

1F

META 2

2A 2D

META 3

3A 3B

3C

META 5

5A

B7

Índice de dificultad
3
1-5

¿Qué significa 'tipo, nivel y retorno del esfuerzo pesquero'?

El tipo de esfuerzo pesquero es una descripción de la clase y el grado de la capacidad extractiva aplicada en las actividades pesqueras, en términos tanto de tecnología como de mano de obra calificada.

El nivel de esfuerzo pesquero es una medida de la cantidad total de mano de obra (número de personas) y tiempo (número de horas/días) que se usa en una actividad pesquera.

El retorno del esfuerzo pesquero es una medición de la eficiencia con que se emprende la actividad de cosecha. La eficiencia del esfuerzo pesquero se mide como el número (de individuos) o el peso (biomasa) de una especie capturada por unidad de esfuerzo (día u hora por persona o equipo de personas) de la cosecha invertido en cada método y tecnología pesqueros empleados. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) es un perfil de la eficiencia relativa de una determinada tecnología pesquera. La CPUE puede medirse en áreas de cosecha fuera del AMP, en áreas inmediatamente adyacentes a sus fronteras (para medir los efectos de la migración de especies), y/o en áreas dentro de ella (cuando esté pertinentemente zonificada, o para datos comparativos de captura-y-liberación). Los datos de CPUE normalmente se recogen ya sea *in situ* durante las operaciones pesqueras o durante la inspección del desembarco cuando la captura es traída a la orilla (ver a continuación).

¿Por qué medirlo?

A menudo se establecen AMPs explícitamente por la alta importancia que tiene la extracción pesquera como sustento de sociedades humanas. Los mayores rendimientos pesqueros (a través de la migración de biomasa de zonas de no extracción y AMPs) y el mejor nivel de actividades de sustento (frente al mejor ingreso y disponibilidad de alimentos provenientes de los mayores rendimientos pesqueros) son por ende objetivos comunes e importantes del uso de las AMPs en gran parte del mundo. Este indicador es un intento directo de cuantificar y rastrear las tendencias de los rendimientos y usos tecnológicos de las industrias pesqueras y de las oportunidades de sustento a través del tiempo.



Este indicador se relaciona temáticamente (uso humano) con varios criterios socioeconómicos y de gobernabilidad y, de este modo, los datos aquí recogidos pueden ser útiles de tomarse en cuenta bajo algunos de estos indicadores (por ejemplo, S1 y G1).

Pese a la importancia de medir los impactos del empleo de AMPs en las capturas de pesca, es importante señalar que solo en relativamente pocos casos se ha hecho este tipo y nivel de análisis en la literatura sobre AMPs.

Este indicador está indirectamente vinculado a la medición de los efectos de la migración de especies proveniente de áreas con poca o ninguna actividad humana (indicador B10). Además, los niveles de captura también pueden influir fuertemente en la estructura de la comunidad (indicador B5) y en las relaciones tróficas (indicador B6); por ejemplo, a través de efectos colaterales del volumen de captura incidental asociados con algunas tecnologías pesqueras excesivamente eficientes o la extirpación sistemática de depredadores de alto nivel, como el mero.

Observe que en las AMPs cuyas metas consistan en disminuir o eliminar el esfuerzo pesquero dentro y alrededor del AMP, no se buscará la reducción del esfuerzo pesquero con el fin de maximizar los rendimientos para los pescadores, sino como evidencia del fortalecimiento de las poblaciones de especies clave.



TONY ECKERSLEY

La palabra 'pesca' aquí ampliamente definida incluye toda actividad que involucre la extracción de recursos marinos vivos, ya sea para usos comerciales o no comerciales (por ejemplo, la subsistencia). En tal sentido, comprende:

- La cosecha de bonito mediante embarcaciones habilitadas con redes de cerco de flotas comerciales.
- Cosecha en aguas superficiales de gastrópodos y equinodermos carismáticos para la venta como curiosidad para los turistas.
- Recolección a mano de caracoles, algas marinas y otras especies marinas invertebradas comestibles para consumo casero en marea baja (abajo, a la derecha).
- Caza de aves marinas y focas para su venta como carne en algún mercado local.

Requisitos

- Tablilla sujetapapeles y papel.
- Lápiz o lapicero.
- Formularios para el registro del desembarco pesquero.
- Hojas de datos de observación de CPUE.
- Conocimiento general del número de cosechadores del recurso y sus actividades pesqueras.
- Conocimiento de locaciones de marinas, muelles y puntos de acceso público relevantes.
- Conocimiento de las locaciones.
- Cantidad de tiempo (horas/días) que cada persona pasa cosechando los recursos.
- Cuán eficiente es la tecnología en la captura de la especie deseada.
- Impacto físico (si lo hubiere) de la tecnología pesquera en el hábitat.
- Lista de locaciones de estudio incluyendo: puntos de entrada y desembarco, áreas pesqueras claves, y (en los casos pertinentes) zonas multi-uso para cada tipo de aparejo de pesca permitido dentro del AMP y sus alrededores.

Cómo recolectar los datos

Como mínimo, deberá recogerse la siguiente información acerca del tipo y nivel de esfuerzo pesquero mediante inspección del desembarco y entrevistas con botes y pescadores (u otros usuarios del recurso) muestreados aleatoriamente en locaciones de desembarco conocidas:

- Qué especie(s) se considera(n) como objetivo de captura,
- Qué especies están realmente siendo capturadas (composición total de la captura),
- Dónde se produjo la captura, ya sea fuera y alrededor del AMP o dentro de ella (donde corresponda),
- Descripción general del (los) método(s) de cosecha usado(s),

- El (los) tipo(s) y número de aparejos de pesca usados,
- La tecnología de respaldo disponible (por ejemplo, un montacargas hidráulico),
- El número, tipo (s) y tamaño(s) de las embarcaciones para descargar la captura,
- La cantidad de gente (pescadores) involucrada en el desembarco de la captura, incluyendo la tripulación del bote y sus roles individuales,
- El número, tipo y tamaño (caballos de fuerza) de los motores involucrados en el desembarco de la captura,
- La cantidad de tiempo (horas/días) requerida para desembarcar la captura, incluyendo el tiempo de tránsito,
- La talla de los individuos desembarcados por especie,
- El peso total de la captura (en Kg., estimado si es necesario), y
- El valor monetario total de la captura (en moneda local) que se necesita para su captura y registro.

El muestreo aleatorio se hace seleccionando al azar un número dado de botes o pescadores individuales de una población conocida de embarcaciones o cosechadores activos en el momento.

Más allá de los simples estudios de desembarco, un nivel más avanzado de recolección de datos requiere obtener observaciones de CPUE detalladas hechas *in situ* (a bordo o en el agua) por el evaluador en tiempo real durante las actividades pesqueras. A medida que ocurren, se registra el momento preciso (horas, minutos) y las locaciones exactas (idealmente usando coordenadas GPS y un mapa básico georeferenciado del área cosechada) del esfuerzo pesquero y los desembarcos observados. Dichos datos de CPUE deben estar acompañados por la termi-



La medición de este indicador está estrechamente vinculada a la del indicador B1 (para especies clave 'objetivo'), y del mismo modo es uno de los indicadores más comúnmente usados. A menudo se observa un mayor CPUE en correlación con una mayor abundancia de especies clave.

TONY ECKERSLEY



B7

Si bien el foco principal de este indicador es evaluar el esfuerzo pesquero en relación con la generación de ingresos y el consumo alimenticio, el indicador también puede ser adaptado fácilmente para evaluar el esfuerzo no comercial y no alimenticio relacionado con:

- Pesca recreativa, y
- Pesca deportiva de captura y liberación.

Además, bajo este indicador pueden recogerse datos para usos comerciales no extractivos de recursos vivos marinos, tales como:

- Turismo de buceo,
- Observación de ballenas, y
- Acuicultura.

En todos estos casos, la tasa de 'retorno al esfuerzo' proveniente de estas actividades puede medirse en términos de ingresos.

nación de un estudio de marco amplio que detalle la potencia (por ejemplo, botes, motores, pescadores y aparejos) empleada en la totalidad del esfuerzo espacial (área de pesca total, en km²) y temporal (tiempo insumido, en días, horas y minutos). Dichos estudios genéricos deben actualizarse regularmente.

El proceso y formas específicos usados para ejecutar los estudios de nasa y CPUE están bien documentados en otra literatura y no se repiten acá (ver bibliografía útil, a continuación). No se recomienda que el equipo evaluador solicite a los cosechadores registrar sus propios datos CPUE in situ. Sin embargo, si están adecuadamente entrenados y dispuestos a hacerlo, los cosechadores podrían estar en capacidad de registrar campos simples de datos de captura en un libro de bitácora para especies 'objetivo' concretas; por ejemplo, el volumen de captura y tallas individuales, el tiempo total usado en pescar, el número de embarcaciones y personas involucradas, etc.

El esfuerzo pesquero se emplea de diferente modo dependiendo de la especie 'objetivo'. Del mismo modo, el esfuerzo pesquero afecta a cada especie de manera diferente. Por ende, las medidas del esfuerzo pesquero deben ser específicas para cada especie, incluso en un marco de monitoreo de nivel del ecosistema. Cada especie debe ser individualmente analizada y medida por separado de las demás, y los datos deben recogerse para ella específicamente y analizados de la misma manera.

Por ejemplo, si simplemente se agrupan peces de agua profunda de muchas especies y se registran como "una captura mixta de 150 peces" en el estudio de captura de un solo día, esto podría ocultar el



JOHN PARKS/MWF

▲ **Los estudios de la captura pueden tomar mucho tiempo, particularmente cuando la captura de un pescador individual es grande. Por ejemplo, la recolección de datos para la captura de esta persona, que contiene una mezcla de peces de arrecife capturados fuera de una pequeña AMP en Papúa Occidental, Indonesia, tomó una hora.**

hecho de que una de las especies capturadas es en realidad una especie cada vez menos común. Ello podría conducir a la extirpación inadvertida y sistemática de especies raras cuya frecuencia decreciente en la captura (y CPUE decreciente) ha sido enmascarada por la presencia de otras especies de peces que son de ocurrencia común (o cada vez mayor). La lógica detrás de este argumento está bien documentada en la literatura (Polunin y Roberts, 1995; Russ, 1991).

Puede haber información suplementaria sobre captura y esfuerzo disponible para la revisión en estadísticas pesqueras nacionales o regionales. Los organismos gubernamentales o no gubernamentales pueden ser fuente de tal información, proporcionando al equipo evaluador datos a partir de los cuales es posible triangular observaciones directas y encuestas de estudio ya terminadas.

Entre la información tangencial pero relacionada que también podría ser útil se encuentra:

- a) los registros de licencias de una oficina gubernamental relativos a operaciones pesqueras comerciales registradas industrialmente como de mediana a pequeña escala, y
- b) descripción de las características del comercio y el mercado de estas pesqueras, incluyendo el



En los casos en que ello sea posible, también se puede recolectar datos complementarios sobre esfuerzo de captura por medio de entrevistas a pescadores hechas en sus hogares a través de encuestas realizadas bajo los indicadores socioeconómicos relevantes (por ejemplo, aproximadamente con qué frecuencia salen a cosechar especies objetivo, cuánto tiempo necesitan para ir y asegurar una captura apropiada, y cuáles son la típica composición y las tallas de su captura).

valor de mercado y el tonelaje / valor anual de sus capturas, usando estadísticas de oficinas gubernamentales.

Estos datos deben triangularse con los indicadores socioeconómicos relevantes presentados después de la categoría biofísica.

Debe recogerse información sobre los tipos y números de aparejos pesqueros destructivos que operan, cuán prevalente (frecuencia o popularidad) es tal uso, y la cantidad de esfuerzo pesquero destructivo (gente, tiempo) empleado. Esta información puede ser recogida (o estimada) a través de observación directa (patrullas, número de incidentes registrados) o conversando con informantes clave (incluye a usuarios, miembros del equipo gestor y autoridades públicas). Como muchas técnicas de pesca destructiva son ilegales, tome nota que podría ser difícil recoger información confiable. En consecuencia, los informantes deben ser cuidadosamente escogidos, y los evaluadores deben estar al tanto de cualquier prejuicio potencial (ver IMA, 2000).

Los datos deben recogerse con regularidad durante todo el año (semanalmente, mensualmente) o durante la cosecha estacional o los periodos de eventos reproductivos. Idealmente, los estudios de nasa deben muestrearse aleatoriamente o estratificarse uniformemente en todos los sitios de desembarco que sean relevantes respecto al día de la semana y el momento del mes (fase lunar) en que sea tiempo de cosecha.

El medir con precisión el retorno al esfuerzo pesquero realizado para cada especie objetivo requeriría datos altamente sofisticados y profundos, independientes de las pesqueras, recogidos mediante técnicas avanzadas de dedición y análisis que sean viables y prácticos para las AMPs bajo este indicador.

Cómo analizar e interpretar los resultados

Es posible empezar a desarrollar una comprensión de las tendencias de los esfuerzos y métodos extractivos de las pesqueras, monitoreando los cambios a través del tiempo en:

- el tipo y popularidad de los aparejos de pesca usados,
- la fuerza de los aparejos,
- el nivel y el retorno del esfuerzo pesquero den-



Este indicador está estrechamente asociado con otros indicadores socioeconómicos (S1, S5, S10) y de gobernabilidad (G1, G4, G15), además de estar vinculados a B1 y B6.

tro del AMP y sus alrededores,

- la incidencia del uso de tecnología pesquera destructiva,
- los cambios en el tamaño y la composición de especies de la captura,
- los cambios en el número y volumen/peso de las especies objetivo capturadas.

Recogidos los datos sobre el nivel de esfuerzo, calcule la captura por unidad de esfuerzo, usando el peso de las especies clave capturadas por día y por persona empleados en la cosecha, para cada método / tecnología de pesca: CPUE = peso total (kg) de captura de especies 'objetivo' por unidad de tiempo (día).

Examine la eficiencia relativa entre los métodos pesqueros en términos de sus retornos competitivos según el esfuerzo, total de inversión en mano de obra (número de pescadores y horas o días de pesca), y volumen total de captura. ¿Qué tecnologías son las más eficientes? ¿Cuáles son claramente más eficientes que las otras? ¿Cuáles son las tendencias respecto de cuán prevalente es el uso de los diferentes aparejos disponibles? ¿Algunas están siendo cada vez más usadas que las otras, y cómo se relaciona esto con sus índices de eficiencia de captura? Si hay datos disponibles, ¿la incidencia del uso de tecnología destructiva (como la pesca con cianuro, la pesca con dinamita, y redes de malla fina) está bajando, permanece inalterada o está en aumento? ¿Cómo se relacionan la eficiencia y los cambios o tendencias observadas para los tipos de aparejos de pesca con las acciones de gestión de AMPs? Sobre la base de los hallazgos, ¿sugieren los datos que el nivel del esfuerzo pesquero en torno al AMP ha cambiado (descendido/mejorado)? De ser así, ¿en qué medida?

Por cada especie 'objetivo' y tipo de aparejo, calcule las siguientes cifras para un periodo de tiempo específico (por ejemplo, tres meses, una quincena o un año) en cada uno de estos aspectos:

- la cantidad total de captura (por peso, volumen, y/o número de individuos),
- la riqueza total de especies (diversidad) de la captura,
- el esfuerzo total (# de embarcaciones, # de pescadores, # horas/días),
- la captura promedio,
- la talla promedio de los individuos capturados, y
- la CPUE promedio.

Ingrese estos datos en una tabla, donde las columnas son las categorías calculadas; y las filas, los intervalos de tiempo. Seguidamente, grafique estas características a través del tiempo (en intervalos concretos) para cada especie 'objetivo', y luego

superponga los diversos resultados. ¿Hay tendencias o relaciones inversas observables entre algunas de estas características? De ser así, ¿qué significa esto? ¿Se relacionan inversamente los mayores tamaños y esfuerzos de pesca con la talla promedio de los individuos capturados?

Hay que advertir que podría surgir una interpretación de resultados diferente según el ciclo vital de la población pescada y la programación del estudio de la captura realizada. Por ejemplo, los datos podrían viciarse (falso positivo) y parecería que se ha dado un tremendo incremento del CPUE cuando, en realidad, ello se debe simplemente a que la inspección del desembarco se realizó en un momento en que había en curso una migración, una congregación o un reclutamiento de peces.

Fortalezas y limitaciones

Los datos de este indicador son relativamente simples de recolectar, aunque ello podría parecer más sencillo de lo que en realidad es, y a menudo puede insumir mucho tiempo y mucha mano de obra. La medición de este indicador no es tan sencilla como podría parecer, y es importante estar al tanto de que la recolección exacta de datos de captura de las especies predominantes (los capturados con mayor frecuencia) y especies clave (las de interés para el AMP y sus metas y objetivos) requerirá notablemente más tiempo y mano de obra adicional. Los estudios de CPUE también requieren de personal relativamente bien capacitado y deben hacerse consistentemente al menos durante todo un año, si se quiere obtener una idea precisa de cuáles son los índices de captura. Más aun, se necesitará consultores científicos y personal especial (que podrían tener que contratarse fuera y son costosos) para desarrollar bases de datos de captura-esfuerzo y analizar los datos de base.

Con entrenamiento suficiente, el personal del proyecto y los voluntarios de la comunidad, pueden emprender estudios de CPUE y nasa, por un costo o inversión logística relativamente bajos. Sin embargo, son importantes la supervisión técnica y revisión científica de los hallazgos por parte de biólogos pesqueros calificados y experimentados, y de este modo, la recolección de datos de CPUE podría no ser adecuada o viable en el sitio de todas las AMPs. Los estudios visuales o de inspección de nasa / desembarco son bastante precisos en términos del cálculo aproximado del retorno sobre el esfuerzo pesquero invertido.

Los cambios en el tipo de aparejos de pesca usados y el número de botes y pescadores pueden ambos ser más fácilmente medidos y más útiles para identificar problemas e incrementos de presión pesquera. Del mismo modo, los cambios en el tamaño y la com-

Productos

- Un registro de los tipos de aparejos usados.
- Un registro de la fuerza invertida.
- Un registro del tamaño y la composición de las capturas.
- Un registro de la eficiencia captura-esfuerzo y cálculos de CPUE para los recursos 'objetivo' retirados por los usuarios locales con respecto a todos los aparejos y tecnologías empleados.
- Gráficos de series temporales del tamaño de captura total, el esfuerzo total, las talas promedio de los individuos desembarcados, y CPUE para cada especie.
- Un mapa de sitios pesqueros representativos en los diversos tipos de hábitat del AMP y sus alrededores, y en las locaciones de puntos claves de entrada al AMP (parques, rampas de botes).

posición de la captura son tan o más importantes que el número de peces capturados.

La CPUE no es necesariamente un buen indicador del cambio ecológico y, por lo tanto, no basta por sí solo para identificar y evitar colapsos inminentes en las existencias de todas las pesquerías. Asimismo, la perspectiva de monitoreo consistente y de largo plazo requerida para los datos de CPUE hace muy difícil correlacionar la CPUE con el cambio ambiental.

El equipo evaluador debe verificar la precisión en el esfuerzo pesquero y de los informes de CPUE presentados por pescadores voluntarios y, de ser posible, verificar y dilucidar la falsificación o los errores de los informes de datos. No debe presuponerse la exactitud de los datos de los informes de captura enviados por todos los pescadores.

Bibliografía y enlaces de Internet útiles

- Dulvy, N.K., Metcalfe, J.D., Glanville, J., Pawson, M.G. y Reynolds, J.D. (2000). "Fisheries stability, local extinctions and shifts in structure of the community of skates". *Conservation Biology* 14: 283-293.
- Gulland, J.A. (1975). *Manual of Methods for Fisheries Resources Survey and Appraisal: Part 5 - Objectives and Basic Methods*. FAO Fisheries Technical Paper No. 145. United Nations Food and Agriculture Organization, Roma, Italia.
- Gulland, J.A. (1983). *Fish Stock Assessment: A Manual of Basic Methods*. Wiley Interscience, Chichester, RU.

Recuadro B8

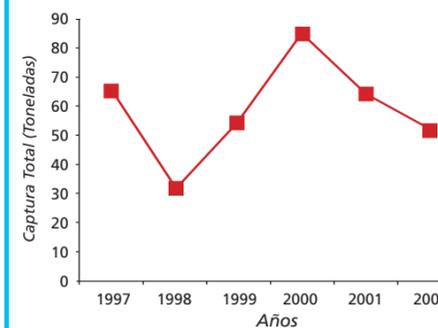
EJEMPLO TOMADO DEL TERRENO

En la Reserva Marina de las Islas Galápagos hay en operación dos industrias pesqueras comerciales de langosta que predominan: la de langosta azul o verde (*Panulirus gracilis*) y la de langosta roja (*P. penicillatus*). La pesca de estas especies es permitida solo durante cierta temporada de 4 meses. Los datos recogidos en los últimos seis años ilustran una historia interesante del AMP. A fines de la década de los noventa, las capturas totales se incrementaron a niveles insólitos (ver Figura a continuación). Esto motivó la entrada de muchos nuevos pescadores a la industria pesquera en el 2000 y el 2001, conduciendo a una disminución de las reservas y a una menor cosecha en esos mismos años. En el 2002, se informó de un número menor de pescadores activos (debido a las capturas reducidas del año anterior), lo cual llevó a un menor esfuerzo en general. Algunos especulan que esto podría generar mayores capturas en los próximos años, con probabilidad de que a esto le siga otra afluencia de esfuerzos pesqueros. Tales ciclos de altas y bajas en las industrias pesqueras comerciales no son inusuales y han motivado a administradores y usuarios en similar situación a discutir sobre la necesidad de plantear más limitaciones a las pesqueras para poder determinar un nivel de captura científicamente sustentable con un grado de esfuerzo limitado.

Total de capturas pesqueras de langosta (T) al año – Islas Galápagos 1997–2001

Año	Captura Comercializada (toneladas)
1997	65.3
1998	31
1999	54.4
2000	85
2001	64.1
2002	51.4

Promedio 58.55



Gunderson, D.R. (1993). *Surveys of Fishery Resources*. John Wiley and Sons, Inc., Nueva York, NY, EEUU.

Hilborn, R. y Walters, C.J. (1992). *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, dynamics, and uncertainty*. Chapman and Hall, Nueva York, NY, EEUU.

Jennings, S., Kaiser, M.J. y Reynolds, J.D. (2001) *Marine Fisheries Ecology*. Blackwell Science, Londres, RU.

Munro, J.L. y Pauly, D. (1983). "A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates". *ICLARM Fishbyte* 1(1): 5-6.

Pauly, D. (1978). "Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators". *ICLARM Stud. Rev.* (8): 325p.

Pauly, D. (1983). "Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks". *FAO Fish. Tech. Pap.* (234): 52 p.

Polunin, N.V.C. y Roberts, C.M. (eds.) (1996). *Reef Fisheries*. Chapman and Hall, Londres, RU.

Russ, G.R. (1991). "Coral reef fisheries: Effects and yields." En P.F. Sale (ed.), *The Ecology of Fishes on Coral Reefs*. Academic Press, Nueva York, NY. pp. 600-635.

Schnute, J.T. (1985). "A general theory for analysis of catch and effort data." *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 414-429.

Sparre, P. y Venema, S.C. (1992). *Introduction to Tropical Fish Stock Assessment. Part 1 – Manual*. FAO Fisheries Technical Paper No 306, Rev. 1. United Nations Food and Agriculture Organization, Roma, Italia.



© WWF-CANON/MARK EDWARDS

Se relaciona con las metas y objetivos

META 1
1B

META 2
2B 2D
2E

META 3
3B 3C

META 4
4A 4B
4C 3D

META 5
5B 5C
5D

Índice de dificultad
3
1-5

¿Qué es 'calidad del agua'?

La calidad del agua es una medida abiótica y biótica (en el caso de la polución bacteriana) de los parámetros medioambientales del entorno presentes en la columna de agua. Los parámetros de calidad del agua comprenden la temperatura, la salinidad, el contenido de oxígeno, la turbidez, la tasa de sedimentación, la carga nutricional y la presencia (suspensión) y densidad de toxinas, bacterias y otro material particulado.

¿Por qué medirla?

La calidad del agua es un factor limitante de los procesos biológicos que ocurren en los organismos, poblaciones de organismos y hábitats existentes en el sitio del proyecto y el AMP. Por ende, la calidad del agua es un determinante clave de la salubridad y viabilidad general de la comunidad. En tal sentido, es un indicador importante de medir, uno que será necesario para mantener un nivel respetable de credibilidad científica.

La calidad del agua puede ser fácil y adversamente influenciada por muchas fuentes de actividad humana realizada dentro o cerca de la zona costera, particularmente en el caso de la contaminación de los mares. Entre algunos ejemplos de actividades humanas que influyen negativamente en la calidad del agua se encuentran las descargas puntuales y no puntuales de desechos humanos y otros desechos sólidos y líquidos, descarga y acumulación de basura y desperdicios en el mar, derrames petroleros tóxicos en las aguas costeras, escorrentía de agua de tormentas proveniente de áreas urbanas, erosión tierra arriba de sedimentos y su transporte y deposición en entornos costeros aguas abajo, presencia de fertilizantes de escorrentía agrícola, y descarga del agua de la sentina de las embarcaciones.

Un objetivo para el establecimiento de un AMP es proteger las aguas costeras de la contaminación de

Requisitos

- Personal adecuadamente capacitado.
- Conocimiento de oceanografía física.
- Entendimiento de las corrientes, mareas, y dinámica hidráulica del lugar.
- Termómetro.
- Refractómetro.
- Botellas de recolección de muestras de agua.
- Disco Secchi.
- Fotómetro.
- Otros equipos estandarizados manuales y de laboratorio para el monitoreo de la calidad del agua.
- Avanzados: Equipamiento especializado como instrumentos para el análisis del fenol, metales pesados y otros tóxicos; alianzas con universidades, organismos gubernamentales y/u otras instituciones de investigación; asistencia para analizar parámetros complejos de la calidad del agua; vínculos programáticos con evaluaciones nacionales básicas de la calidad medioambiental o protocolos de monitoreo de largo plazo o respaldo de éstos; tecnologías de percepción remota.



Toni Parras

◀ Los sedimentos arrastrados al mar a consecuencia de la deforestación y la erosión en las Filipinas pueden poner en peligro ecosistemas marinos como los del coral (inserto).

los mares y las actividades que se sabe que disminuyen la calidad del agua o disminuir su impacto. Esto es particularmente válido para las AMPs que contienen tipos de hábitat que sirven como áreas de interfase tierra-mar, como los humedales y pantanos de manglares que fungen de importantes filtros para atenuar la contaminación de los mares y mantener un nivel adecuado de calidad del agua para la comunidad en general y para los ecosistemas costeros existentes en las áreas circundantes.

Este indicador en particular debe ser medido en AMPs con metas y objetivos asociados al turismo, el buceo y otras actividades económicas que requieran de una alta calidad del agua. Además, las AMPs con metas y objetivos vinculados al mejoramiento de la calidad del agua y prácticas de manejo del agua o los desechos deben dar prioridad a la recolección de datos para este indicador.

Debe señalarse que el vínculo entre la gestión efectiva de un AMP y una mejor calidad del agua podría no necesariamente ser una relación causal. No obstante, se presume que a través de la designación y gestión de un AMP, en muchos casos esto implicará una disminución de las actividades in situ que se sabe contaminan el medio ambiente marino y/o cambios en las actividades con sede en tierra que tienen impactos aguas abajo en el medio ambiente marino. En tales casos, de un manejo efectivo del AMP podría esperarse razonablemente un mejoramiento (o mantenimiento) de la calidad del agua en el largo plazo.

Entender los efectos de las actividades con sede en tierra y la calidad del agua en el medio ambiente marino del litoral, las especies clave presentes, e incluso en la salud humana también puede ofrecer importantes oportunidades de educación pública para reorientar el comportamiento social relacionado con la contaminación de los mares y la disposición de desechos.

Cómo recolectar los datos

Mucho se ha escrito acerca de cómo emprender estudios de la calidad del agua dentro de la columna de agua costera (a diferentes profundidades), y por eso aquí no repetimos estas técnicas (ver lista bibliográfica al final de esta sección). Sin embargo, se recomienda los siguientes parámetros y mediciones para la recolección regularizada (semanalmente, mensualmente, o trimestral-anualmente, según el parámetro) de datos bajo este indicador en las locaciones de muestreo:

- **Tasa de sedimentación:** puede usarse trampas de sedimentos aguas abajo para medir la presencia de particulado, composición, y la densidad de suspensión (partes por mil) de las muestras de agua tomadas; medir cargas y

cambios en las densidades e intentar identificar los orígenes.

- **Temperatura:** puede usarse un termómetro de mercurio para uso marino con estuche protector ó sondas electrónicas no costosas; para recolectar datos de temperatura a largo plazo (particularmente en áreas propensas al calentamiento de la temperatura de las aguas marinas superficiales), se pueden usar registradores de temperatura recuperables y sumergibles, cuyas lecturas de datos puedan ser descargadas tras un plazo fijo y luego volver a colocarlos.
- **Ingresos de salinidad y agua dulce** (particularmente útil en hábitat estuarino sensible): debe usarse un refractómetro duradero.
- **Contenidos de oxígeno:** existen muchos dispositivos electrónicos manuales para medir el contenido de oxígeno disuelto y monitorear las áreas de eutroficación.
- **Turbidez:** puede usarse un disco Secchi en diversas locaciones de muestreo.
- **Análisis estándar del agua:** debe verificarse la presencia de patógenos conocidos como *E. coli* (indicador biológico), y filtrarse y medirse la presencia y tasas de carga (cantidad) de aceite, petróleo, nutrientes (especialmente nitrógeno, fósforo) y fertilizantes, pesticidas y otras toxinas, y de metales pesados.
- **Niveles de pH.**
- **Agentes biológicos:** como los niveles de clorofila y fitoplancton.

Algunos parámetros de calidad del agua (particularmente basados en la tierra) podrían no necesariamente estar en realidad influenciados por las acciones de gestión llevadas a cabo en el AMP. En tales casos, la medición de dichos parámetros no conectados – si bien quizás sean interesantes – no debe realizarse como indicador de la efectividad de la gestión del AMP. En cambio, el equipo evaluador debe ser alentado a centrarse en estas condiciones abióticas, que discutiblemente se consiguen a través de la efectividad del AMP administrada.

A largo plazo también se necesita la validación científica de los hallazgos y tendencias de estudio (literatura) que demuestran la(s) relación(es) entre los parámetros medioambientales (en este caso, la calidad del agua) y la abundancia y viabilidad de especies y hábitats para obtener una sólida comprensión de la causalidad. Por lo tanto, el equipo evaluador probablemente necesitará datos de base sobre la historia y tendencias de los diversos factores medioambientales del área.

Asimismo, será importante explicar las perturbaciones naturales (particularmente las relacionadas

con los cambios de la temperatura y la salinidad del agua) a fin de calibrar exactamente los impactos relacionados con la gestión (dentro del AMP) o el uso humano no administrado (fuera del AMP). Ello podría requerir emprender programas de estudio de monitoreo más amplios, de largo plazo con socios del proyecto dentro del gobierno e instituciones académicas. Por ejemplo, podría ser necesario monitorear impactos de desarrollo agrícola tierra arriba, que contemplen la carga de pesticidas / fertilizantes y nutrientes en la divisoria de aguas, calculando el volumen de la escorrentía y las tasas de sedimentación para entender completamente y predecir los límites superior e inferior de los parámetros de la calidad del agua durante ciertas épocas del año (por ejemplo, durante las estaciones de lluvia versus las secas).

Observe que en las AMPs donde el movimiento de agua es altamente dinámico y variable (como dentro en áreas de alta fluctuación o áreas expuestas a corrientes fluviales), los métodos sencillos de muestreo del agua aquí ofrecidos podrían ser insuficientes para caracterizar con exactitud los efectos del AMP y de su manejo en los niveles de calidad del agua.

La estacionalidad de la calidad del agua (por ejemplo, las estaciones lluviosas y la frecuencia de la inundación de la cuenca fluvial) deben explicarse al escoger un marco temporal apropiado dentro del cual recoger dicha información.

Una evaluación más avanzada de la calidad del agua y sus vínculos con el sistema biótico también podría ser útil a los equipos evaluadores que cuentan con las habilidades, el tiempo, y los recursos necesarios para emprenderla. Por ejemplo, puede haber tecnologías de percepción remota disponibles para elaborar el perfil de parámetros abióticos relevantes y la manera en que se relacionan con los eventos biológicos. O quizás el muestreo de la presencia y el grado de bioacumulación (cantidad) de metales pesados o la polución por contaminantes orgánicos persistentes dentro de los tejidos de la especie clave (como los moluscos o mamíferos marinos muertos) podría ser una actividad importante de realizar en un AMP localizado aguas abajo de actividades agrícolas de tierras arriba en vista de sus metas y objetivos. O quizás rastrear el sendero y monitorear los niveles de bioacumulación de metal pesado en diversos niveles tróficos de la trama trófica residente sea importante para la gente que vive cerca de un AMP urbana que para su alimento e ingresos depende del excedente de la industria pesquera local proveniente de una zona de no extracción.



La recolección de datos para este indicador puede enlazarse con la recolección de información relacionada con la evaluación del indicador B10.

Cómo analizar e interpretar los resultados

Resuma y divulgue los resultados entre los usuarios de los recursos y las partes involucradas. Analice los resultados generados en torno a dos componentes:

- ❑ identificación de los problemas de calidad del agua y los parámetros específicos que se necesita tratar, y
- ❑ evaluación de cuál es la causa/el origen de estos cambios.

En este aspecto, la dependencia de los parámetros investigados respecto de la escala se vuelve más evidente.

Monitoree los cambios y tendencias observados en los parámetros medioambientales medidos teniendo en cuenta la calidad del agua y divulgue los hallazgos. Correlacione estos hallazgos con los resultados de B1 y B4 para ver si emerge alguna relación o patrón.

Aliente un sistema de monitoreo de calidad del agua organizado por la comunidad como responsable de las actividades regulares de monitoreo y análisis. También podrían ser útiles para la interpretación comunitaria de resultados los paquetes de programas de cómputo sencillos (por ejemplo, el PRIMER de estadísticas ecológicas) y el uso de procedimientos concretos y fáciles de usar para la interpretación de la calidad del agua (por ejemplo, el procedimiento BIOENV).

La estacionalidad de la calidad del agua (por ejemplo, las estaciones lluviosas y la frecuencia de inundaciones de la cuenca fluvial) debe explicarse al analizar e interpretar los resultados.

Un especialista en calidad del agua y el medio ambiente debería revisar los resultados, e idealmente, el especialista debe realizar una inspección en sitios específicos a fin de confirmar o refutar las mediciones hechas.

¿Sugieren los datos que la calidad del agua dentro del AMP está cambiando? De ser así, ¿en qué grado se han alejado los parámetros del estado

Productos

- Un índice de los parámetros de la calidad del agua.
- Gráficos de los resultados de los parámetros graficados a través del tiempo.
- Avanzados: Gráficos de dispersión de las medidas de los parámetros correlacionadas con datos de fenómenos naturales y biológicos.

deseado de calidad del agua a través de la mayoría de los parámetros medidos?

Fortalezas y limitaciones

Los costos de equipamiento y capacitación para el conjunto completo de medidas (esbozado a continuación) requerirán recursos financieros entre moderados y significativos. Existen equipamiento y mediciones más técnicos para evaluar la calidad del agua, pero muy probablemente no son necesarios para elaborar el perfil suficiente de este indicador.

Para la mayoría de las medidas anteriormente esbozadas, se puede efectuar métodos relativamente simples de pruebas de la calidad del agua con cierta inversión en mano de obra (dos o tres personas) y un compromiso adecuado de tiempo del personal. Los datos recogidos bajo este indicador se recogen fácilmente y para completarse pueden involucrar a voluntarios capacitados de la comunidad. La frecuencia con la que se toman estas medidas requiere una rotación relativamente alta del equipamiento de monitoreo, el cual puede acumularse a través del tiempo. Sin embargo, dada la relativa fluidez e importancia que este indicador implica por relacionarse con el medio ambiente biofísico (particularmente en términos de factores abióticos), esto debería hacerse con facilidad.

La calidad del agua es un tema altamente complejo de tratar y controlar con muchas fuentes de influencia que a menudo surgen desde fuera de la jurisdicción y la autoridad del AMP y sus administradores. En esta situación, la calidad del agua del AMP puede verse fuertemente influenciada por prácticas de desarrollo y manejo medioambiental en tierras aledañas y a mayor altitud que escapan a la influencia del equipo del AMP. Por ejemplo, un objetivo de AMP de mejorar la calidad del agua podría ser inviable si se considera prácticas agrícolas insuficientes de tierras arriba que conducen a la sedimentación aguas abajo y a la introducción de fertilizantes en el medio ambiente marino del AMP. En tales casos, los administradores del AMP pueden usar el indicador para destacar la medida y persistencia de dichos problemas ante el público y las personas responsables por la toma de decisiones. Asimismo, los administradores de AMP pueden aprovechar estas oportunidades para poner sobre el tapete asuntos relacionados con la ubicación y diseño apropiados del AMP.

Como puede ser difícil vincular de manera exacta o definitiva la condición de la calidad del agua en un AMP para el éxito o el fracaso del AMP en lograr las metas y objetivos enunciados, en algunos casos podría ser peligroso reclamar una correlación directa entre este indicador y el tener una 'prueba' de la gestión efectiva del AMP. Pese a esta deficiencia, la medición de la calidad del agua frente a las metas y objetivos de AMP será un indicador

Recuadro B9

EJEMPLO TOMADO DEL TERRENO

Este indicador es el único indicador biofísico que se centra en las condiciones 'medioambientales' y el monitoreo básico de factores abióticos. Dicho esto, cada vez en más AMPs se reconoce que los eventos de marea roja, bioacumulación de metales pesados y toxinas, eutroficación y matanzas de peces son fenómenos prevalentes vinculados a los tipos de parámetros abióticos que este indicador evalúa. Durante el proceso de desarrollo de la serie original de indicadores, los expertos y administradores participantes generaron varios indicadores abióticos separados y luego los colapsaron bajo este único indicador medioambiental general. A pesar de esto, algunos sitios piloto expresaron que dada la índole de algunas AMPs creadas para tratar metas y objetivos altamente abióticos, podría ser útil para los equipos evaluadores desagregar las múltiples medidas colapsadas bajo este único indicador entre varios indicadores discretos; por ejemplo, la presencia de compuestos químicos y biológicos (composición del agua); los índices de sedimentación y acumulación de fango en el fondo; la presencia de toxinas; o la temperatura y la turbidez.

importante de medir en muchas AMPs y por eso lo incluimos en este manual.

Asimismo, observe que los compuestos hidrófobos son difíciles de medir en el agua

Bibliografía y enlaces de Internet útiles

Sheehan, P.J. (1984). "Effects on community and ecosystem structure and dynamics". In P.J. Sheehan, D.R. Miller, G.C. Butler, and P. Boudreau (eds.), *Effects of pollutants at the ecosystem level*. John Wiley and Sons, New York, NY, USA.

Métodos de estudio estándar

Strickland, J.D. and Parsons, T.R. (1972). "A practical handbook of seawater analysis". *Bull. Fish. Res. Board Can.* 167: 310.

United States Geological Survey (1999). *National Field Manual for the Collection of Water Quality Data: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations*. USGS Information Services, Washington, DC, USA. [Online URL: water.usgs.gov/owq/FieldManual/]

United States Virgin Islands Coastal Zone Management Program (2001). *Coastal Water Quality Monitoring Manual: Parameters and Techniques*. Department of Planning and Natural Resources, Division of Coastal Zone Management. National Oceanic Atmospheric Administration, Washington, DC, USA. [Download online URL: www.ocrm.nos.noaa.gov/PDF/USVI_Monitoring_Manual.pdf]

Se relaciona con las metas y objetivos

META 1
1C 1E
1F

META 2
2A 2B

META 3
3A 3B

META 4
4A 4B

META 5
5A 5B
5C 5D
5E

Índice de dificultad
3
1-5

B9

¿Qué es 'recuperación'?

La recuperación se mide como la proporción del área total del AMP (km², ó % del área total) o la población de la especie clave (abundancia, biomasa, ó % de la población total) que ha experimentado o 'ha sido restaurada' a los niveles supuestamente 'originales' (objetivos) ya sea de:

- Composición de la comunidad o distribución de hábitat que se considera representativa de las condiciones 'ideales' (es decir, relativamente no perturbadas por la actividad humana) o 'naturales' (es decir, sin influencia humana); o
- Niveles viables de población y de integridad de las existencias, tales como el retorno de 60% o más de las existencias originales de desove que se presumía ocurrirían en ausencia del impacto humano.

Ya sea que el objetivo de recuperación requiera que el AMP retorne sus características bióticas a algún estado de 'condición natural', o si debe simplemente lograr algún nivel identificado por debajo de este estado, depende de la definición de 'recuperación' que se aplique. Este objetivo de 'recuperación' puede definirse previamente dentro de las metas y objetivos del AMP relacionados con la recuperación, en cuyo caso requiere sencillamente adoptarlos. Pero en algunos casos, no se ha especificado un objetivo mensurable de 'recuperación' dentro de las metas del AMP. En tal situación, el equipo de gestión del AMP podría necesitar pensar detenidamente en establecer objetivos de restauración aérea mensurables cada año e incrementalmente a través del tiempo. A partir de dichos objetivos aéreos claramente definidos, este indicador puede medirse más fácilmente. Por ejemplo, una meta de AMP por la que se restaura "las poblaciones de las especies clave a niveles en los que éstas puedan repoblarse a través del tiempo dentro de 40% de las aguas del estado" es una definición más medible que una que simplemente enuncie que "se debe restaurar las especies clave a los niveles naturales".

Debe señalarse que en algunas locaciones de AMP que experimentan frecuentemente perturbaciones naturales (por ejemplo, ciclones) que limitan / impiden la capacidad restauradora del proyecto, este indicador puede no ser aplicable fácilmente. En tales casos, el objetivo de restauración a 'condiciones naturales' podría no ser realista y en cambio podría necesitar dar paso a un nivel concesivo de restauración que consista en condiciones sub-naturales.

Hay espacio para gran subjetividad y prejuicio al establecer definiciones de condiciones 'naturales' o niveles 'restaurados'. Lo que es más importante que las palabras usadas es la capacidad de estas expresiones de ser definidas mensurablemente, aun a costa de un gran

debate. Si para el equipo evaluador no es posible llegar a un acuerdo sobre una definición mensurable de lo que es el estado de 'recuperación' o 'condición natural', entonces este indicador no puede ser medido, ni es probable que se pueda medir el progreso logrado en el camino hacia los objetivos de AMP asociados.

Finalmente, este indicador podría no ser relevante en todos los sitios de AMP, dependiendo del alcance (o incluso de la presencia) de los objetivos de restauración en las metas y objetivos de AMP.

¿Por qué medirlo?

Este indicador es una medida discreta de la cantidad de área (con sus atributos bióticos y abióticos constitutivos) que se ha devuelto a las condiciones operativas 'objetivo', es decir, que ha sido plenamente restaurada a las condiciones naturales a partir de algún nivel definido por debajo de aquel. En tal sentido, pretende obrar como una medida concreta de éxito del desempeño del AMP frente al objetivo de restauración enunciado. Es un indicador universalmente entendido como relevante para los usuarios, personas responsables de la toma de decisiones, agencias donantes y los investigadores.

Observe que este indicador no debe medirse en AMPs donde las metas y objetivos del área no incluyen la 'restauración' (de vuelta ya sea al estado natural o a niveles de pesca sustentables). No obstante, si la 'restauración' es un objetivo de gestión claramente definido en un AMP, este indicador es una medida directa del grado en que se está logrando esta meta.

Requisitos

- Los mismos requisitos que los enumerados para B1 a B6, en particular para B4 y B5.
- Un mapa básico exacto del área del proyecto, la demarcación del AMP y los tipos de hábitat.
- Se necesita una unidad manual de GPS para demarcar las áreas.
- Una definición mensurable y clara de 'recuperación'.



Observe que si bien los dos indicadores aéreos (B9 y B10) pueden estar recogiendo tipos similares de información que los datos recolectados bajo los indicadores de gobernabilidad relacionados con el acatamiento (G13 a G16), la diferencia es que en este caso los datos recogidos se usan para tratar cuestiones relacionadas con metas biofísicas en contraposición a cuestiones de cumplimiento.

El indicador se usa para determinar y destacar si un objetivo de 'restauración' de un AMP ha sido plenamente logrado. El logro parcial de un objetivo definido y medible puede ser un progreso loable en general, pero la insuficiencia de este éxito se verá claramente reflejada en la medición del indicador.

Cómo recolectar los datos

Para documentar la recuperación de poblaciones clave de peces o invertebrados móviles, debe emplearse un censo visual para calcular y documentar el nivel del umbral de recuperación de la población (como cambio porcentual del tamaño y la estructura poblacionales). Es probable que dichos umbrales de recuperación tengan poco asidero en la literatura científica o la biología pesquera, pero para efectos de este indicador, deben servir como 'la mejor opción' para adaptar y depurar. Para las áreas (Km²) cerradas y totalmente protegidas con el fin de permitir la recuperación de poblaciones clave de peces e invertebrados, tal recuperación cerrada puede expresarse notoriamente como la proporción de la población general en que las sub-poblaciones locales han sobrepasado los umbrales presupuestos (asignados) de recuperación.

Por otra parte, dentro de un área no completamente cerrada sino en restauración, es la proporción del área o la proporción de estaciones de muestreo en el área, la que ha superado un 'hito de recuperación'. El 'hito de recuperación' se define como el excedente de un punto referencial conocido de:

- abundancia y estructura poblacional de especies clave (B1 y B2),
- composición de la comunidad y estructura (B4),
- distribución y complejidad del hábitat (B3),
- integridad de la trama trófica (B6), y
- éxito de reclutamiento (B5).

Estos indicadores podrían derivarse basándose en un análisis de la frecuencia de áreas que sobrepasen el hito o umbral de recuperación en un número suficientemente grande de muestras del área designada (dentro y fuera del AMP). Se podría hacer una muestra estratificada o aleatoria de estaciones de observación en toda el área designada en la que se capturarían índices o estimados de estos indicadores a través del tiempo. Por lo tanto, el



En algunos aspectos puede pensarse en este indicador como una incorporación o un filtro de otros indicadores biofísicos relevantes, más conspicuamente del B1 al B6. En tal sentido, los datos recogidos bajo estos otros indicadores pueden ser útiles para sentar un precedente hacia un nivel articulado de 'recuperación'.

alcance del área restaurada podría expresarse no solo en términos de área (km²), sino también como la proporción (%) de estaciones donde el índice observado exceda un nivel predefinido (por ejemplo, el hito de recuperación).

Las muestras de este indicador podrían ser medidas cada dos a cinco años en todas las estaciones de observación del área del proyecto. El muestrear un número adecuado de estaciones en las AMPs más extensas podría requerir invertir más tiempo.

Productos

- Área total del proyecto (km²) restaurada plenamente (100%) versus parcialmente (como % del cambio en la estructura, biomasa, densidad / abundancia o cubierta total).
- Proporción estimada (% de cambio en densidad y estructura de la población o en la biomasa) de recuperación dentro de las poblaciones de especies clave frente a un objetivo concreto..
- Frecuencia estimada con la que se logra 'hitos de recuperación' en todas las poblaciones de especies clave dentro de la comunidad.

Cómo analizar e interpretar los resultados

Divulgue los resultados de la proporción o frecuencia del 'hito de recuperación' dentro del área total del proyecto y cuantifique el área total restaurada (Km²). Recuerde que estas mediciones discretas (número de recuperaciones, área total) son herramientas de comunicación efectivas y populares para audiencias compuestas por los usuarios, el público, los que toman las decisiones y donantes.

Fortalezas y limitaciones

Teniendo disponibles un objetivo de 'restauración' claramente definido y datos de respaldo (del B1 al B6), este indicador puede ser una medida relativamente sencilla de intentar, lograda con poca inversión incremental en términos de tiempo y mano de obra.

Sin embargo, el establecer 'hitos de recuperación' y niveles sustentables de población es un desafío científico, y a menudo poco entendido o documentado. En consecuencia, la confiabilidad de los resultados generados a partir de este indicador puede ser cuestionable en términos de medir los umbrales de recuperación de la poblaciones.

B9

Recuadro B10

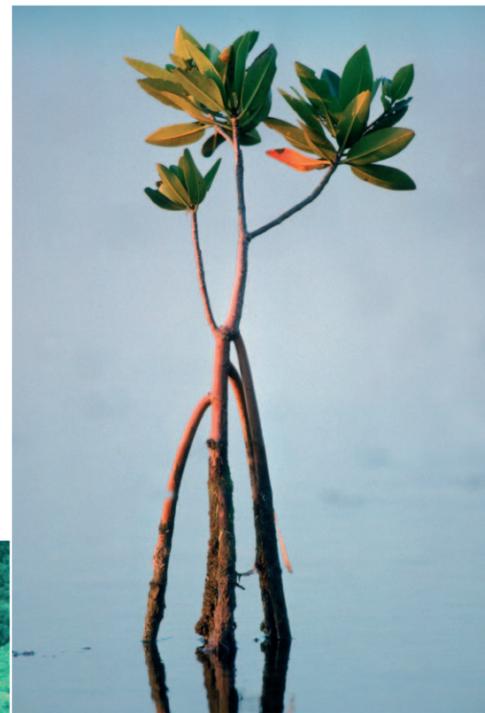
EJEMPLO TOMADO DEL TERRENO

Durante el desarrollo del grupo experto y las pruebas de sitios piloto de este indicador, hubo mucha discusión y controversia expresadas en torno a la definición ilógica de lo que es 'restauración' o 'recuperación' dada la falta de evidencia suficiente para indicar cuáles serían los niveles de ocurrencia 'natural' para las características biológicas involucradas. Varias personas opinaron que este indicador sugería la tarea casi imposible de intentar alcanzar, caracterizar y medir una verdadera 'recuperación'. Considerando el alcance global y los múltiples niveles de los impactos humanos en los ecosistemas de la Tierra, rastreables incluso a cientos de años atrás, la gente pensó que el uso del término 'restauración' era equivocado y peligroso. En tal sentido, se permitió el término 'recuperación' (contemplándose que se usara en un contexto de incertidumbre) y se descartó 'restauración' como un término cargado de valor e inconveniente que presupone que el equipo evaluador en realidad conoce el aspecto de una población, comunidad o ecosistema en su estado 'natural'. Como resultado de este estigma, éste fue uno de los únicos dos indicadores biofísicos que no fueron probados por los sitios piloto.

Bibliografía y enlaces de Internet útiles

Sousa, W.P. (1984). "The role of disturbance in natural communities". *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 53–391.

▼ **Los pantanos de manglares, vitales para la repoblación de las existencias de peces, pueden ser buenas áreas para restaurar en un AMP.**



JEFF FOOT/NATUREPL.COM



NOAA PHOTO LIBRARY

¿Qué es 'impacto humano'?

El impacto humano se define como el efecto medioambiental acumulativo de todos los usos extractivos y no extractivos de los recursos marinos vivos y no vivos localizados en una determinada área (en este caso, dentro y fuera del AMP). Como ejemplos de usos humanos extractivos y no extractivos en aguas costeras tenemos la pesca, el turismo, la acuicultura, el desarrollo costero, la perforación y minería del lecho marino, el transporte y el comercio. Niveles variables de uso humano de los recursos marinos pueden conducir a niveles variables de impacto. Por ejemplo, se sabe que el tipo y número de ciertos aparejos de pesca (como redes de arrastre de fondo, de cerco, y redes agalleras o de enmalle) tienen en los ecosistemas impactos significativamente mayores que otros (como la caña y línea y las redes echadas manualmente). Algunos usos extractivos (como la pesca con dinamita) están bien documentados como asociados a impactos altamente destructivos.

Un área bajo ningún impacto se define como una que está completamente libre de cualquier uso humano extractivo o no extractivo que contribuya al impacto. No todas las AMPs tienen áreas semejantes. Comúnmente se habla de estas áreas como 'reservas' o 'áreas plenamente protegidas', y se las suele esbozar como una zona distinta, una zona de no extracción dentro de un AMP más extensa. Algunas zonas de no extracción están limitadas temporalmente; por ejemplo, la prohibición estacional de acceso a terrenos conocidos de desove de una especie clave. Una excepción frecuente a la prohibición de toda actividad humana dentro de zonas de no extracción es la autorización o consentimiento de las actividades de monitoreo e investigación científica de AMP.

Observe que se presupone que las áreas bajo 'nulo o ningún' impacto humano experimentan los impactos externos de las actividades humanas que ocurren fuera del AMP, tales como la elevación de la temperatura de la superficie del mar causada en parte por los efectos del calentamiento global. El enfoque hacia 'nulo' impacto a ser medido bajo este indicador se refiere específicamente a las actividades humanas dentro del AMP.

¿Por qué medirlo?

Disminuir el nivel de impacto humano experimentado en un área hidrológica es una meta habitual de las AMPs. Se asume que si un AMP experimenta un nulo o reducido impacto humano, las especies clave, hábitats y comunidades en ella tienen una mayor probabilidad de poder repoblarse y persistir a través del tiempo que las que estando

fuera del AMP experimentan un mayor nivel de impacto humano. También se asume que a mayor nivel de restricción de usos extractivos dentro de un AMP, menor será el impacto humano total.

Por lo tanto, se requiere medir la escala y el patrón de usos humanos a través del tiempo y su efecto acumulativo para probar y legitimizar estas premisas. Entender el nivel de los usos humanos y sus cambios dentro y fuera del AMP también puede ayudar a los administradores a identificar y encarar proactivamente estas **amenazas** (es decir, actividades naturales o humanas que contribuyen o contribuirían negativamente al impacto general experimentado en el área).

Observe que el simplemente hacer que un área sea declarada libre del uso humano no necesariamente significa que esté en realidad libre de tal actividad.

Cómo recolectar los datos

Este indicador se mide: a) caracterizando la presencia, el nivel e impacto de las diversas actividades

Requisitos

- Tablilla sujetapapeles, papel y lápiz.
- Un mapa de las fronteras demarcadas del AMP (y zonas plenamente protegidas, si corresponde) y zonas hidrológicas/áreas circundantes.
- El nivel deseado al que se pretende reducir (si no eliminar) las actividades humanas y las amenazas dentro del AMP. Tal objetivo puede derivarse sobre la base de las metas y objetivos del AMP. En otros casos podría requerirse una mayor reflexión del equipo de gestión en torno al establecimiento de objetivos mensurables de disminución del impacto anualmente y crecientemente a través del tiempo.
- Conocimiento de los tipos de actividades y tecnologías extractivas y no extractivas que estén siendo usadas dentro y alrededor del AMP, incluyendo las amenazas.
- Usuarios que estén dispuestos a compartir abiertamente sus observaciones, experiencias y creencias acerca de las actividades humanas y las amenazas.
- Literatura y otras fuentes de datos sobre la escala y los impactos de las actividades humanas y las amenazas.
- Avanzados: unidad manual de GPS; bote y motor.

Se relaciona con las metas y objetivos

META 1
1C 1D
1E

META 2
2A 2D
2E

META 3
3C

META 4
4C

META 5
5D

humanas y las amenazas a través del tiempo; y b) cuantificando el área total que se halla bajo reducido o nulo impacto humano, como resultado del grado de cumplimiento de las prohibiciones o restricciones a la actividad de los usuarios.

En el nivel más elemental, debe hacerse una caracterización cualitativa de la presencia, el nivel e impacto de las actividades y amenazas humanas (tanto de tierra adentro como costeras) mediante la triangulación de entrevistas a los administradores (con evidencia para sustentar el acatamiento y cumplimiento) y a los usuarios. Las entrevistas a informantes claves del personal del AMP y a los usuarios puede ayudar a identificar y caracterizar inicialmente la presencia y número de usos humanos (tanto extractivos como no extractivos), y cuáles de ellos son o deberían considerarse como amenazas al AMP (es decir, las actividades que conducen o podrían conducir a impactos negativos mayores dentro del área).

El siguiente paso es evaluar y describir todas las amenazas que se encuentran en acción dentro o alrededor del AMP. Concretamente, para cada amenaza identificada, se necesita describir el nivel de su impacto usando los tres siguientes parámetros: a) la intensidad de la amenaza (es decir, el nivel operativo y el grado de esfuerzo humano general involucrado), b) el alcance de la amenaza (es decir, el área total en la que la amenaza está distribuida y activa), y c) la urgencia de la amenaza (es decir, la frecuencia, temporalidad, y agudeza de la amenaza). Estos tres parámetros de amenaza deben evaluarse cuantitativamente junto con sus descripciones; por ejemplo, el número de usuarios o de botes por amenaza por unidad de cosecha, la frecuencia de actividades, y el alcance espacial (expresado en km²) del área total en la que se observan amenazas. Los datos para estos parámetros pueden ser recogidos a través de entrevistas estructuradas y semi-estructuradas y discusiones de grupos focales del personal administrativo del AMP y de los usuarios. Puede obtenerse información complementaria de las fuentes secundarias de datos y/o de la observación directa de las actividades de los usuarios, sus niveles e impactos. Por ejemplo, la intensidad (número de pescadores), área (en km²), y la urgencia (tendencias de frecuencia de la actividad) de una actividad particularmente amenazante (como la pesca con dinamita) podría recogerse mediante entrevistas a cosechadores, complementándola con los estudios existentes y los resultados de estudios de observación directa (como el número de veces que se oyen explosiones en un día).

La caracterización de las actividades humanas y sus tendencias también puede describirse en términos de: a) los tipos y cantidades de aparejos y tecnologías de extracción que se usan, especialmente en cuanto a la eficiencia extractiva de

dichas tecnologías y sus efectos destructivos, y b) los cambios de potencia de los esfuerzos extractivos y no extractivos, particularmente en cuanto al número de pescadores, número de botes, número de aparejos, etc.

Durante la caracterización de base dentro y fuera del AMP, debe documentarse la índole y el nivel de los efectos físicos, químicos, biológicos y otros que se sabe ocurren a consecuencia de los usos extractivos y no extractivos. Deben destacarse los usos que se sabe tienen impactos nocivos en las especies, hábitats, y la ecología de la comunidad. Las amenazas (tanto inducidas por los humanos como naturales) pueden estar ya identificadas y priorizadas previamente para las medidas de gestión (como designar un AMP) orientadas a eliminar o disminuir estas amenazas a través del tiempo.

Como parte de la caracterización también debería hacerse un estimado de la locación física (emplazamiento) y alcance (área) de las amenazas y otras actividades humanas observadas dentro del AMP y en sus alrededores.

En términos de recolección de datos sobre el alcance de los métodos pesqueros destructivos usados dentro del área gestionada, es importante calcular el área total donde se sabe que se usan tales tecnologías. Además, debe calcularse el porcentaje del área (km²) del AMP donde están prohibidas las tecnologías pesqueras destructivas y otras. Las tecnologías destructivas incluyen el uso de venenos (por ejemplo, cianuro de potasio y sodio, lejía, toxinas vegetales), dinamita, pesca de arrastre de fondo, destrucción física con herramientas etc., y redes de malla fina para la extracción.

Un método mucho más profundo, intensivo en tiempo y preciso para caracterizar la presencia, nivel e impacto de las actividades humanas es observar directamente todas las actividades humanas que operan en el área dentro y alrededor del AMP, midiendo los tres parámetros de comportamiento del usuario y los impactos anteriormente mencionados mediante un estudio in situ. Adicionalmente, se puede caracterizar en mayor detalle datos adicionales del impacto de amenazas y otras actividades humanas a través de la medición de otros indicadores biofísicos, particularmente del B1 al B7. Además de una discusión cualitativa sobre los impactos, los resultados de estos indicadores pueden ofrecer evidencia para sustentar la índole y el alcance de los impactos ambientales asociados con los usos humanos que operan en el área estudiada.

El B10 no es un 'verdadero' indicador biofísico en el sentido de que no evalúa los estados bióticos o abióticos, las tendencias o los productos. Es, antes bien, un indicador contextual que evalúa las actividades que se sabe cau-

san un impacto en las condiciones biofísicas. Sin embargo, los resultados recogidos de la medición de los indicadores B1 al B7 pueden usarse para proporcionar evidencia complementaria a la de los datos recogidos en B10.

La cuantificación del área total bajo reducido o nulo impacto humano requiere seis pasos. Primero, debe calcularse el área total (en Km²) delimitada por el AMP a través del uso de fronteras previamente demarcadas en un mapa base o de la recolección *in situ* de datos GPS a partir de los cuales cuantificar el área total. Segundo, debe medirse el área total (en km²) de todas las locaciones del AMP que han sido designadas como zonas de no extracción o zonas plenamente protegidas (es decir, áreas libres de toda actividad humana). Si toda el área de un AMP está plenamente protegida, los totales serán iguales. Si un AMP no comprende ningún área zonificada como de nula actividad humana, el total será cero. Observe que estas dos áreas pueden estar ya delineadas y calculadas en la documentación existente, como el plan de gestión del AMP y/o la legislación correspondiente. En tal caso, puede seguir siendo útil validar estos totales mediante una delineación in situ con GPS.

Tercero, es necesario restar el área designada como libre de actividad humana del área total del AMP para determinar el área del AMP que no ha sido designada como libre de actividad humana. Luego estos totales deben ser convertidos a porcentajes, y las tres áreas y porcentajes deben registrarse en una tabla anotada. Cuarto, deben revisarse los resultados de la caracterización de la actividad humana y los estimados espaciales del alcance (km²) de las amenazas que operan en el AMP (tomados de la evaluación de reducción de amenazas – TRA, por sus siglas en inglés). Usando estos resultados, debe ser posible calcular el área total del AMP que no esté realmente libre de actividad humana. Si los resultados de la caracterización y del TRA sugieren que puede haber en curso actividades humanas en áreas designadas como 'totalmente protegidas' o 'zonas de no extracción', debe hacerse un intento de calcular qué porción de esta área designada está siendo realmente violada versus la que está siendo respetada (en km² y como porcentaje).

Quinto, para cada uso humano que ocurra en el AMP, debe calcularse el área total (km²) del AMP que se designó para su disminución, definida por la manera en que cada uso humano (o grupos de usos) debe disminuir mensurablemente dentro del AMP. En algunos casos, un uso humano puede haberse designado para disminuir en toda el área del AMP. En otros casos, esta disminución podrá haberse designado solo para un tipo de hábitat o zona específicos. Finalmente, deben revisarse los resultados de la caracterización de la actividad humana y el índice TRA para cada uso humano, y hacerse un cálculo

aproximado de cuánto (en km² y como porcentaje) del área tiene realmente una disminución en curso en comparación con la manera en que se designó la disminución originalmente.

Responder a las siguientes preguntas en torno al área designada versus el área real bajo reducido o nulo impacto humano podría ser de interés para el equipo evaluador durante su investigación: 1) ¿cómo se definió el esbozo concreto del área de no extracción? ¿Se demarcó según parámetros biológicos o conveniencia política? 2) ¿Cuán efectivo es el cumplimiento de los pescadores respecto del área de no extracción? ¿Se ha reportado / confirmado o no alguna violación de actividades extractivas en el área? 3) ¿Qué formas de vigilancia y acatamiento se están llevando a cabo en el área? ¿Cuán seguras están las autoridades que vigilan / custodian el área de que el área está siendo verdaderamente observada como zona de 'no extracción'? Las respuestas de los administradores y los usuarios a estas preguntas ayudarán al equipo evaluador a determinar el grado en que las áreas designadas como de reducido o nulo impacto humano están siendo gestionadas con efectividad, y el grado en que están ocurriendo violaciones (si acaso hubiere alguna) en el área (ver indicadores de gobernabilidad relevantes).

Los datos sobre actividades humanas así como sobre amenazas naturales y causadas por el hombre deben recolectarse dos veces al año o anualmente, e incluir toda la información necesaria para demarcar el/la(s) área(s) donde estén operando, dependiendo de cuán activas y cambiantes sean. Los datos sobre disminución de amenazas deben recolectarse dos veces al año. Los cálculos del área total bajo reducido o nulo impacto humano deben hacerse todos los años, salvo que se necesiten antes (por ejemplo, si surgen nuevas amenazas o si durante el año se hacen cambios a las fronteras existentes).

Observe que los efectos de sinérgicos y dinámicos que ocurren entre las amenazas no son capturados con los métodos acá esbozados. En consecuencia, los círculos viciosos de retroalimentación y los impactos sinérgicos resultantes de las amenazas que operan uno sobre otra deben documentarse cualitativamente.



Los datos recogidos para este indicador están estrechamente asociados con varios otros indicadores socioeconómicos (patrones de uso y estructura ocupacional del lugar) y de gobernabilidad (conflictos de usuarios, comprensión de normas y reglamentos, así como su acatamiento), y su recolección debe realizarse de la manera que corresponda. Lo distintivo del B10 es que los datos recolectados se usan para evaluar las metas biofísicas del AMP.

Cómo analizar e interpretar los resultados

Teóricamente (e idealmente en la práctica), si un AMP tiene éxito en disminuir las amenazas humanas – o en prohibirlas del todo –, el área real bajo reducido o nulo impacto humano debe ser igual al área designada como tal. Al ver los resultados del área calculada, ¿cuál es la distancia de las áreas designadas (en el papel) como de reducido o nulo uso humano de las áreas efectivas (en realidad) de reducido o nulo uso humano? ¿Reflejan las observaciones de la realidad la disminución o la prohibición de actividades humanas que debe haber según el papel? ¿Cómo están cambiando la tecnología y la capacidad (esfuerzo) extractivas a través del tiempo? ¿Se han detenido todas las actividades humanas en las áreas totalmente protegidas? ¿En qué medida ha disminuido cada una de las actividades humanas y su impacto en las áreas designadas?

Una manera de analizar un grado estimado y un área de disminución del impacto humano usando los datos recogidos para este indicador es el índice de evaluación de disminución de amenazas (TRA) (al final de la descripción de este indicador se enumeran las guías bibliográficas sobre cómo usar el índice TRA). Trabajando con el equipo de gestión y con representantes de los usuarios, el progreso relativo hecho hasta el momento en vencer cada amenaza identificada puede estimarse como el porcentaje de disminución de la amenaza total comparado con la amenaza potencial total. Si bien es subjetivo, el TRA se aplica de modo que se puedan hacer comparaciones con sentido en diferentes áreas en cuanto al grado en que se han mitigado los impactos del uso humano en un periodo de tiempo. La lógica que subyace al TRA es que si el equipo de gestión puede identificar las amenazas que confrontan su AMP y aguas circundantes, también pueden evaluar en el tiempo el progreso que han tenido en lograr un nulo o reducido impacto humano midiendo el grado en que cada una de estas amenazas ha disminuido. Las amenazas también pueden ser diagramadas visualmente y puede sostenerse una discusión sobre cómo se relacionan conceptualmente unas con otras mediante relaciones de causalidad. Compare los puntajes de disminución de todas las amenazas anualmente o cada dos años. Según el alcance espacial de la manera en que operan las actividades humanas y las amenazas dentro y fuera del AMP, ¿hay alguna tendencia observable (incrementos y decrementos) en el área con respecto al nivel y escala de estas actividades y amenazas? ¿Se están deteniendo las amenazas y actividades humanas destructivas clave exitosamente a través del tiempo dentro del AMP? ¿Son constantes o cambiantes las tasas de disminución de amenazas de las actividades específicas?

Productos

- Una caracterización descriptiva y cuantitativa de las actividades humanas y las amenazas (tanto naturales como humanas) presentes en el AMP y sus alrededores.
- Área total del AMP.
- Área total (y porcentaje) del AMP designada como libre de actividad humana.
- Área total (y porcentaje) del AMP efectivamente libre de actividad humana.
- Área total (y porcentaje) del AMP designada como de actividad humana disminuida.
- Área total (y porcentaje) del AMP efectivamente con actividad humana disminuida.
- Coordenadas GPS para estas áreas.
- Perfil de evaluación y prioridades de amenazas.
- Índice de disminución de amenazas (puntaje de 1–100%).
- Mapa de actividad de amenazas dentro y fuera del AMP; áreas de uso de tecnología pesquera destructiva.
- Mapa de las fronteras del AMP en el sitio y del (de las) área(s) de reserva que se encuentran dentro de ella o superpuestas a ella.

A medida que hay cada vez mayor atención y promoción internacionales sobre el uso de AMPs totalmente protegidas (reservas), los resultados generados de dichas áreas serán relevantes para muchos administradores y usuarios más allá del sitio de su AMP.

Los resultados de este indicador serán de máxima relevancia y aplicación cuando se enlacen con otros resultados de evaluación biofísica, y al describir la historia y antecedentes contextuales de las amenazas que operan en el sitio del AMP. Compare los resultados de otros indicadores biofísicos con los resultados de la disminución del impacto humano y observe si aparece alguna correlación. ¿Son los resultados de las áreas libres de toda actividad humana significativamente diferentes de los resultados de otras áreas de AMP de uso humano reducido pero múltiple? Por ejemplo, ¿son los cambios observados en la abundancia de la misma especie clave en el AMP y en áreas relativamente adyacentes significativamente diferentes en las aguas de la reserva del AMP y en las aguas fuera de ella? A través del tiempo, ¿se halla bajo protección total un mayor o menor porcentaje del área total del AMP? Por último, ¿se está logrando a través del tiempo un porcentaje óptimo (20%, 50%) de aguas de la reserva versus aguas

fuera de la reserva en las AMPs de zonas múltiples? De ser así, ¿sobre qué bases (y por qué) puede argumentarse esto?

Divulgue los resultados resumidos de las amenazas delineadas y los cambios observados en las amenazas entre diversos usuarios, administradores, y personas responsables de la toma de decisiones. En vista de que la recolección de datos para este indicador puede conducirse a la par con los indicadores de gobernabilidad (por ejemplo, la vigilancia y acatamiento, número de violaciones), también podría ser de interés para los públicos objetivos de los resultados conocer una interpretación de cuán efectivamente las autoridades están custodiando el área de reducido o nulo impacto humano y cómo los pescadores la están respetando.

Fortalezas y limitaciones

Este indicador puede resultar útil como herramienta de evaluación cualitativa y rápida para medir la manera en que el medio ambiente biofísico dentro y fuera del AMP o sus características concretas pueden estar sufriendo el impacto de la actividad humana y experimentando el cambio. Sin embargo, debido a la índole altamente subjetiva de los métodos involucrados (basados en gran parte en las per-

cepciones de los administradores y los usuarios), este indicador debe medirse solamente conjuntamente con otros indicadores biofísicos, en tanto los resultados generados de este indicador no pueden considerarse exactos por sí mismos ni apreciados como evidencia autónoma de la efectividad de la gestión del AMP. Los resultados de este indicador deben considerarse solamente como pilares de guía y aproximaciones, y pueden ser máximamente útiles cuando se vinculan contextualmente con resultados de indicadores biológicos y al describir los antecedentes de las amenazas activas.

Si bien el indicador puede parecer conceptualmente simple, los datos no siempre se recogen de manera sencilla o fácil. A causa de la complejidad que se da donde ocurren múltiples usos humanos en un AMP o sus alrededores, se torna difícil construir una medida exacta y repetible. Aun el nivel más elemental de recolección de datos sobre actividades humanas y amenazas requiere el tiempo y el personal adecuados para entrevistar al número necesario de administradores y usuarios, conducir discusiones de grupos focales, y obtener las fuentes de datos secundarios. Por su índole, los métodos TRA también pueden ser difíciles de aplicar y medir con muchos usuarios, incluso en un nivel altamente subjetivo.

Recuadro B11

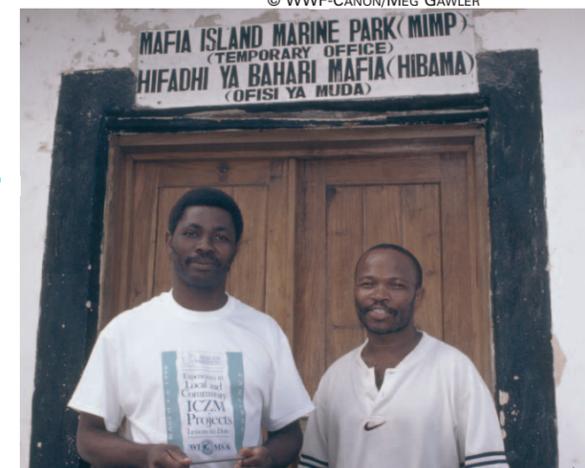
EJEMPLO TOMADO DEL TERRENO

Uno podría preguntar cuán fácil es rastrear el impacto humano. En el Parque Marino Isla Mafia en Tanzania, se determinó que la medición de todo el impacto humano en la totalidad del AMP era 'muy exigente, lindando con lo imposible'. Para superar esto, el equipo evaluador decidió modificar y limitar la medición de este indicador para que se concentre en una sola actividad humana (la pesca en relación al esfuerzo total) y en solo una fracción del área total del AMP (30 de 822 km², definidos por una zona de pesca regulada). Los evaluadores encontraron que incluso esta medición restringida del impacto humano era intensiva en mano de obra, requiriéndose 6 personas y 3 botes operativos de 10 a 12 horas al día, 9 días al mes, durante un periodo de 4 meses. Aun con este nivel de significativa inversión en la recolección de datos, se identificó rápidamente el problema de la incapacidad del equipo evaluador de monitorear y muestrear adecuadamente la actividad pesquera ilegal y nocturna. Para superar esto, el equipo se

asoció con embarcaciones turísticas de buceo de apariencia inocua, las que se ofrecieron voluntariamente para registrar las incidencias observadas de pesca ilegal en la zona muestreada, mientras circulaban por la zona diariamente hacia y desde los sitios de buceo. Si bien esto fue de ayuda, el equipo luego halló que el personal que laboraba en turismo no era confiable al llenar los formularios de datos. Con un poco de capacitación, han empezado a mejorar con el tiempo. El equipo de la Isla Mafia sigue buscando creativamente medios de muestrear adecuadamente el buceo nocturno.

► **Los guardianes del MIMP George Msumi y el Oficial Comunitario del Proyecto WWF Hisluck Mamboho en el Parque HQ, en la Isla Mafia.**

© WWF-CANON/MEG GAWLER





▲ **En la mayoría de las AMPs y sus alrededores, los peces capturados localmente hallan un mercado seguro entre los compradores y así proporcionan un valioso ingreso a la gente del lugar: el núcleo de los indicadores socioeconómicos presentados en este libro.**

Bibliografía y enlaces de Internet útiles

Schmitt, R.J. y Osenburg, C.W. (1995). "Detecting ecological impacts caused by human activities." En R.J. Schmitt and C.W. Osenburg (eds.), *The Design of Ecological Impact Assessment Studies: Conceptual Issues and Application in Coastal Marine Habitats*. Academic Press, San Diego, EEUU. pp. 3-16.

Underwood, A.J. (1995). "On beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances". En R.J. Schmitt y C.W. Osenburg, *Design of Ecological Impact Assessment Studies: Conceptual Issues and Application in Coastal Marine Habitats*. Academic Press, San Diego, EEUU. pp. 151-178

Warwick, R.M. (1993). "Environmental impact studies on marine communities: pragmatical considerations". *Australian Journal of Ecology* 18: 63-80.

Metodología TRA

Margolius, R. y Salafsky, N. (2001). *Is Our Project Succeeding? Using the Threat Reduction Assessment Approach to Determine Conservation Impact*. Biodiversity Support Program, World Wildlife Fund, Washington, DC, EEUU. [Descargar URL en línea: www.BSPonline.org]

Salafsky, N. y Margolius, R. (1999). "Threat reduction assessment: A practical and cost-effective approach to evaluating conservation and develop-

ment projects". *Conservation Biology* 13: 830-841.

Zonas de no extracción

Roberts, C. y Hawkins, J. (2000). *A Manual for Fully-Protected Areas*. World Wide Fund for Nature, Gland, Suiza.

Tupper, M. (2001). "Putting no-take marine reserves in perspective". *MPA News* 26: 2.

Promoción de zonas de no extracción

National Center for Ecological Analysis and Synthesis (2001). *Scientific Consensus Statement on Marine Reserves and Marine Protected Areas*. Annual Meeting of the American Association for the Advancement of the Sciences, febrero 2001.

